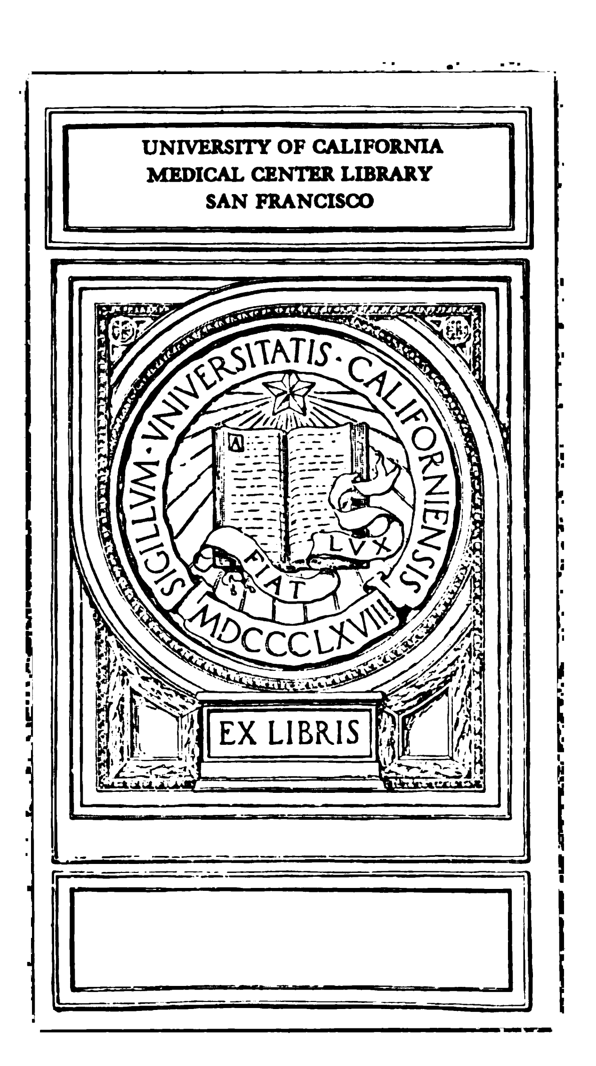
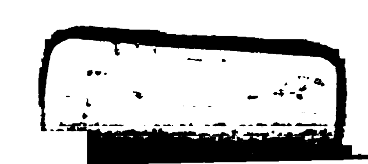
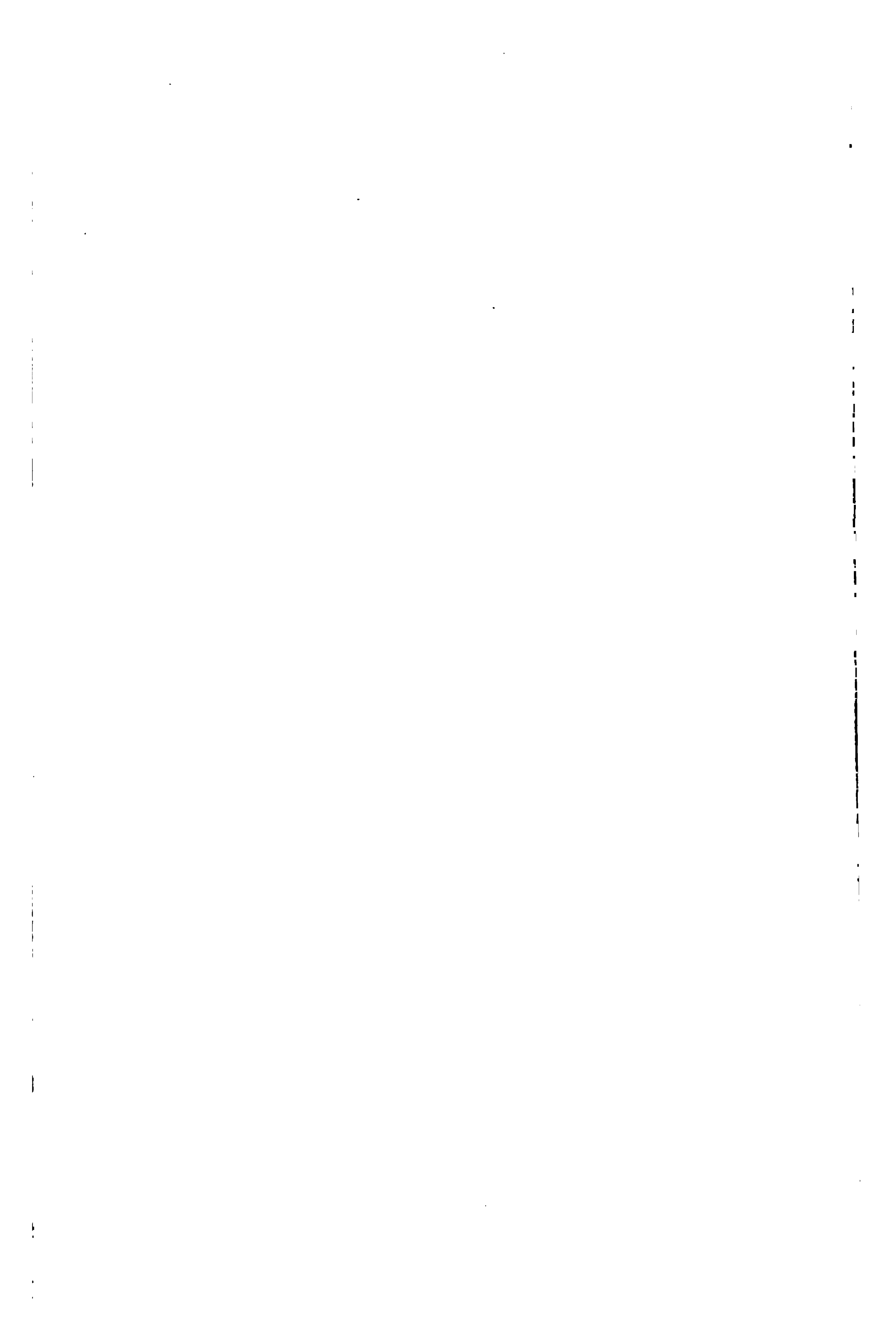

B 3 743 120

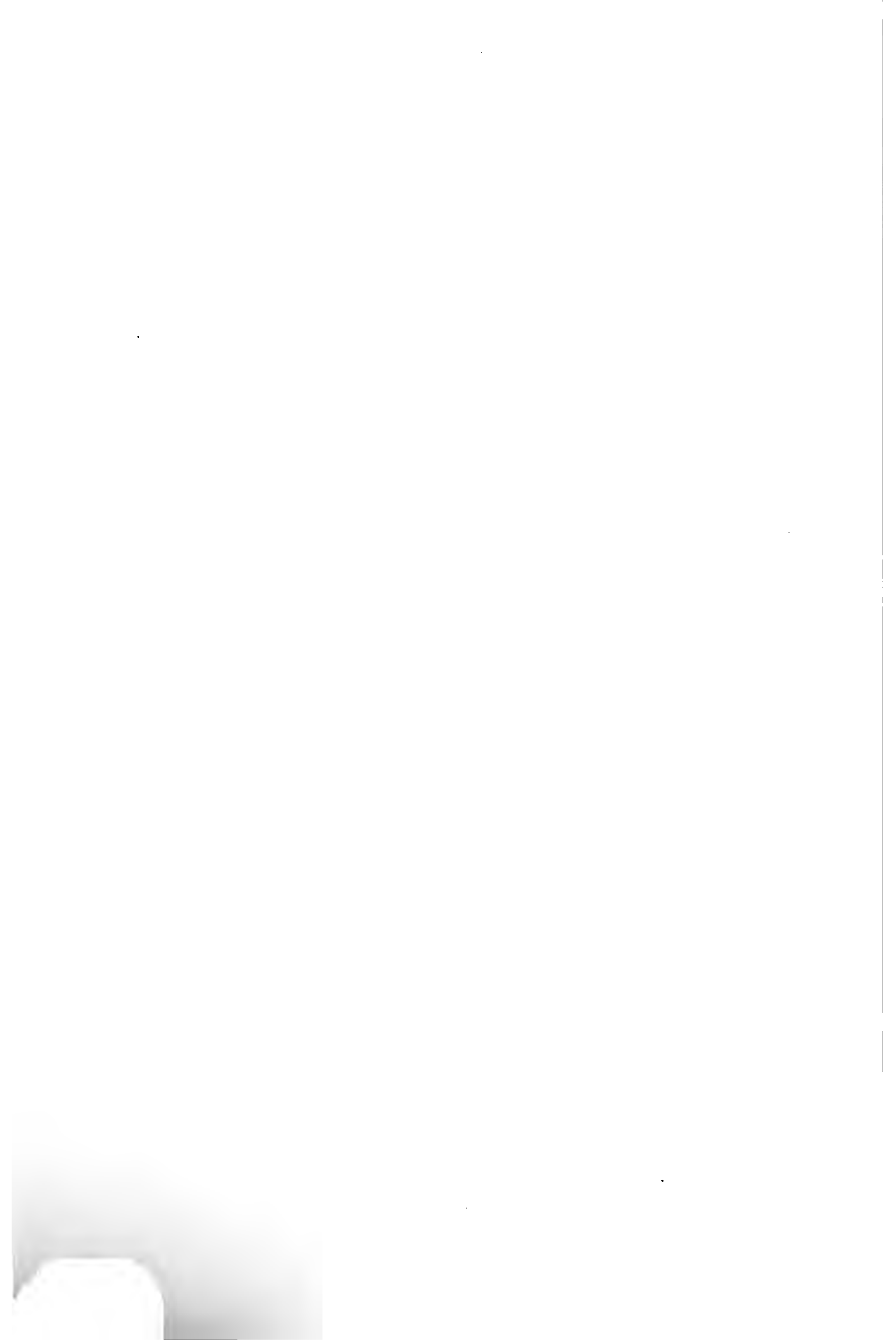












ZEITSCHRIFT

FÜR

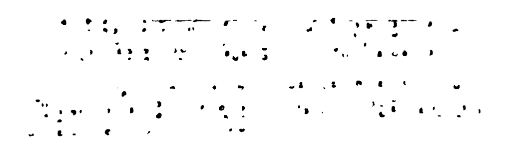
BIOLOGIE

VON

W. KÜHNE, UND O. VOIT,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN HEIDELBERG, O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE IN MÜNCHEN.

NEUE FOLGE: DREIZEHNTER BAND.
DER GANZEN REIHE: EINUNDDREISSIGSTER BAND.



MÜNCHEN UND LEIPZIG
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG
1895.

Inhalt.

Seite

Ueber die Fette der Frauenmilch. Von Dr. Wilh. G. Ruppel. Aus dem physiologischen Institut zu Marburg 1

Ueber die Folgen der partiellen Pankreasexstirpation beim Hund. Von Dr. med. Wilh. Sandmeyer, Privatdocenten an der Universität Marburg. Aus dem physiologischen Institut zu Marburg 12

Zur Kenntniss des Protagons. Von Dr. W. G. Ruppel. Aus dem physiologischen Institut zu Marburg 86

Chemische Untersuchung eines Lipoms. Von Dr. W. G. Ruppel. Aus dem physiologischen Institut zu Marburg 101

Welche Zuckerarten entstehen bei dem durch thierische Fermente bewirkten Abbau der Stärke und des Glykogens? Von Prof. Dr. E. Külz und Dr. J. Vogel. Aus dem physiologischen Institut zu Marburg . . 108

Volummessungen des menschlichen Körpers und seiner einzelnen Theile in den verschiedenen Altersstufen. Von Dr. med. Carl Meeh. Die Versuche wurden im physiologischen Laboratorium zu München im Wintersemester 1884/85 angestellt. (Mit Tafel I) 125

Zur Methodik der mechanischen Nervenreizung. Von J. von Uexküll. Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg 148

Die Stickstoffbestimmung im Harn nach Schneider-Seegen. Von Fritz Voit. Aus dem physiologischen Institut zu München 168

Zur Kenntniss des Säureabbaues des Glykogens. Von Max Cremer. Aus dem physiologischen Institut zu München 181

Ueber die Umlagerungen der Zuckerarten unter dem Einflusse von Ferment und Zelle. Ein Beitrag zur Lehre von der Glykogenie und Gährung von Max Cremer. Aus dem physiologischen Institute zu München . . . 183

Beiträge zur Kenntniss der pflanzlichen Eiweissstoffe. Von W. Palladin, Professor der Physiologie der Pflanzen an der Universität Charkow. Aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg 191

Ueber die Latenz der Muskelzuckung. Von Dr. med. Leon Asher, Assistent am physiologischen Institut zu Bern. Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg. (Mit Tafel II) 203

Seite

Beiträge zum Chemismus des Glaskörpers und des humor aqueus. Von Dr. W. Pautz, früherem Assistenten am physiologischen Institut zu Marburg. Aus dem physiologischen Institut zu Marburg 212

Ueber die Fortleitung der Erregung im wasserstarren Muskel. Von Dr. Karl Kaiser, Privatdozent der Physiologie. Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg 244

Chemisch-pharmakologische Untersuchung über die Manaca-Wurzel. Von Dr. med. et phil. J. Brandl, Assistent des Institutes. Aus dem pharmakologischen Institute zu München 251

Calorimetrische Untersuchungen am hungernden Kaninchen im fieberfreien und fieberhaften Zustande. Von Dr. E. Nebelthau, Assistenzarzt an der medicinischen Klinik zu Marburg. Aus dem hygienischen Institut und der medicinischen Klinik zu Marburg 293

Ueber den Wärmewerth der Bestandtheile der Nahrungsmittel. Von F. Stohmann 364

Ueber den Calciumgehalt der Leberzellen des Rindes in seinen verschiedenen Entwicklungsstadien. Nach Versuchen des Herrn W. Lenz. Von Dr. med. Friedr. Krüger, Docent an der Universität Dorpat (Jurjew) 392

Ueber den Schwefel- und Phosphorgehalt der Leber- und Milzzellen in verschiedenen Lebensaltern. Nach Versuchen der Herren F. Szymkiewicz und H. Walter. Von Dr. med. Friedr. Krüger, Docent an der Universität Dorpat (Jurjew) 400

Ueber die Eischalenhäute von Echidna aculeata (E. hystrix) und der Wirbelthiere im Allgemeinen. Von R. Neumeister in Jena 413

Versuche über die Wirkung einer Beigabe von Calcium-, Strontium- resp. Magnesiumcarbonat zu einem kalkarmen, aber phosphorsäurereichen Futter auf den thierischen Organismus, insbesondere auf die Zusammensetzung des Skelettos. Von H. Weiske 421

Beobachtungen und Untersuchungen über den Schlag von Torpedo. Von K. Schoenlein, Vorsteher der physiologischen Abtheilung an der zoologischen Station zu Neapel. Aus dem physiologischen Laboratorium der zoologischen Station zu Neapel. (Mit Tafel III—VI) 449

Zur Lehre von den Vocalklängen. Neue Untersuchungen mit Hensen's Sprachzeichner von Dr. Hugo Pipping, Docent der Phonetik an der Universität Helsingfors. Aus dem physiologischen Institut zu Kiel . . 524

Physiologische Untersuchungen an Eledone moschata. Von J. v. Uexküll. Aus dem physiologischenInstitut der zoologischen Station zu Neapel. (Mit Tafel VII u. VIII) 584

Ueber die Fette der Frauenmilch.

Von

Dr. Wilh. G. Ruppel.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Ueber die Fette der Kuhmilch liegt bereits eine Reihe von Untersuchungen vor. Eine der ersten verdanken wir Chevreul[1]), dem es gelang, aus der Butter durch Verseifung neben der Oelsäure drei flüchtige Säuren, Buttersäure, Capron- und Caprinsäure, zu isoliren. Die gleichzeitig gewonnenen festen Säuren hielt er für ein Gemisch von Margarinsäure und Stearinsäure.

Später befasste sich Bromeis[2]) mit dem gleichen Gegenstand und richtete sein Hauptaugenmerk auf die Charakterisirung der Buttersäure und der bei der Verseifung der Kuhbutter erhaltenen Oelsäure, welche er von der gewöhnlichen Oelsäure als verschieden annahm und deshalb mit dem Namen Butterölsäure belegte. Die von ihm dargestellte feste Fettsäure nannte er Margarinsäure.

Nachdem Lerch[3]) im Butterfette eine neue flüchtige Säure, die Caprylsäure, entdeckt hatte, war es hauptsächlich Heintz[4]),

---

1) Chevreul, Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale. Paris 1823.

2) Bromeis, Ueber die in der Butter enthaltenen Fette und fetten Säuren. Annal. d. Chemie u. Pharm. Bd. 42 S. 46.

3) Lerch, Ueber die flüchtigen Säuren der Butter. Annal. d. Chemie u. Pharm. Bd. 49 S. 212.

4) Heintz, Ueber das Butterfett. Poggendorf's Ann. d. Phys. u. Chem. Bd. 90 S. 137.

der bei seinen klassischen Untersuchungen der verschiedensten Fette auch die Zusammensetzung der Kuhbutter festzustellen suchte. Durch die neue Methode der partiellen Fällung gelang ihm die Isolirung der festen Fettsäuren. Hierbei erkannte Heintz, dass die von früheren Forschern als einheitliches Individuum angesehene Margarinsäure ein Gemenge von Palmitin- und Stearinsäure war. Gleichzeitig entdeckte er eine neue Säure, welche er in den übrigen von ihm untersuchten Fetten nicht aufgefunden hatte und deshalb, als der Butter eigenthümlich, Butinsäure nannte. Endlich constatirte Heintz, im Gegensatz zu Bromeis, dass die Oelsäure der Butter identisch ist mit der aus den übrigen Fetten dargestellten nicht flüchtigen flüssigen Oelsäure.

Auf Veranlassung von Gorup-Besanez untersuchte Ernst Wein[1]) nach der von Heintz eingeführten Methode die festen Fettsäuren der Kuhbutter und fand, dass die Butinsäure mit der in Arachis hypogaea aufgefundenen Arachinsäure identisch ist. — Wein wies im Uebrigen Ameisensäure und Essigsäure im Butterfette nach.

Aus den erwähnten Untersuchungen geht hervor, dass in der Kuhbutter folgende Säuren enthalten sind:

Ameisensäure,	Myristinsäure,
Essigsäure,	Palmitinsäure,
Buttersäure,	Stearinsäure,
Capronsäure,	Arachinsäure,
Caprylsäure,	Oelsäure.
Caprinsäure,	

Während so die Zusammensetzung der Kuhbutter durch eine Reihe eingehender Untersuchungen festgestellt worden ist, entbehren wir über die Fette der Frauenmilch bis jetzt fast aller Kenntnisse. Die einzige positive Angabe, welche ich in der Litteratur hierüber aufgefunden habe, ist folgende kurze Bemerkung Hoppe-Seyler's[2]): „Die Eigenschaften und Zusammensetzung der Fette der menschlichen Milch sind nur sehr ungenügend untersucht. Die von mir

1) Ernst Wein, Ueber die im Butterfette enthaltenen Fettsäuren. Dissert. Erlangen 1876.

2) Hoppe-Seyler, Lehrbuch der physiol. Chemie. S. 727.

dargestellten Präparate waren viel reicher an flüssigem Fett, als die Kuhbutter."

Im Verlaufe dieser Abhandlung, welche die Untersuchung der Frauenmilchfette zum Gegenstand hat, werde ich auf diese Beobachtung Hoppe-Seyler's noch zurückkommen.

Gewinnung des Fettes.

Je nach den Mengen, in welchen uns die Milch geliefert wurde, verfuhren wir zur Gewinnung des Fettes verschieden. — War die Menge eine sehr geringe, so wurde die Milch sofort in Aether gegossen, um sie vor bakteriellen Einflüssen zu schützen. Standen uns erheblichere Quantitäten zur Verfügung, so liessen wir stehen, bis sich das Fett an der Oberfläche gesammelt hatte, trennten durch Abrahmen und lösten es in Aether. Der vom Rahme befreite Rest wurde zur völligen Entfettung mit dem Aether vereinigt, welcher, wie erwähnt, die geringen Mengen Milch aufgenommen hatte. Nachdem wir so grössere Portionen Frauenmilch gesammelt hatten, schüttelten wir die Masse mit dem Aether kräftig durch und trennten im Scheidetrichter. Zur Reinigung wurde das Fett nach dem Verdunsten des Aethers mehrmals mit Wasser gewaschen, auf dem Wasserbade getrocknet, heiss filtrirt und zum Zwecke der Conservirung wieder in wasserfreiem Aether gelöst.

Kühne[1]) erwähnt, dass die aus frischer Milch durch Aether extrahirte Butter in weit geringerem Grade zersetzlich zu sein scheine, als gewöhnliche Butter. Ich kann diese Behauptung bis zu einem gewissen Grade bestätigen, indem die auf oben erwähnte Art gewonnenen Fette der Frauenmilch sich nach dem Entfernen des Aethers vier bis fünf Wochen bei warmer Witterung aufbewahren liessen, ohne bedeutendere Veränderungen zu zeigen. Ueber diese Zeit hinaus nahm der Gehalt an freien Säuren ziemlich rasch zu.

Die Fette der Frauenmilch stellten eine der Kuhbutter ähnliche, gelblich weisse, weiche Masse dar. Das specifische Gewicht betrug bei 15° C. 0,9660. Der Schmelzpunkt lag bei 34,0° C., der Erstarrungspunkt bei 20,2° C. Im Augenblicke des Erstarrens stieg die Temperatur um mehrere Grade, eine Steigerung, welche

1) Kühne, Lehrb. d. physiol. Chemie. S. 563.

bei verschiedenen Versuchen nicht constant ausfiel, sondern um zwei bis acht Grad schwankte.

Verseifung der Butter.

Zur Verseifung wurden 200 g des getrockneten Fettes mit der dreifachen Gewichtsmenge einer zehnprocentigen alkoholischen Kalilauge übergossen und mehrere Stunden auf dem Wasserbade am Rückflusskühler erwärmt. Die gebildeten Seifen wurden mit alkoholischer Chlorwasserstoffsäure zerlegt, das Gemisch noch längere Zeit im Sieden erhalten und hierauf das ausgeschiedene Chlorkalium abfiltrirt.

Abscheidung der flüchtigen Fettsäuren.

Das nach Verjagung des Alkohols zurückbleibende Säuregemisch wurde zur Abscheidung der flüchtigen Fettsäuren so lange mit Wasserdämpfen destillirt, bis der Rückstand jeglichen Geruch nach flüchtigen Säuren verloren hatte.

In dem Destillat befanden sich die flüchtigen Fettsäuren theils in Lösung, theils schwammen sie in Gestalt öliger Tropfen auf der Flüssigkeit. Ein Theil dieser Oeltropfen erstarrte nach einiger Zeit und konnte leicht von dem übrigen Destillate getrennt werden. Die festen Partikelchen stellten eine schneeweisse Masse dar, welche bei 30° C. schmolz und bei 270° destillirbar war, zwei Thatsachen, aus denen man mit Sicherheit schliessen darf, dass hier Caprinsäure vorlag.

Zur Gewinnung der übrigen flüchtigen Säuren wurde das bei der Behandlung mit Wasserdämpfen erhaltene Destillat mit Aether geschüttelt. Nach dem Verdunsten des Aethers hinterblieb eine stark nach Buttersäure riechende gelbliche Flüssigkeit. Da die Quantität des auf diese Weise gewonnenen Säuregemisches im Ganzen kaum 2,5 g betrug, so musste von einer planmässigen Trennung der Säuren Abstand genommen werden. Um über die Zusammensetzung des Gemisches wenigstens einige Klarheit zu erhalten, wurde es über Schwefelsäure getrocknet und der fractionirten Destillation unterworfen. Die Temperatur stieg zunächst auf 100 bis 105°, wobei wenige Tropfen einer anscheinend wässerigen Flüssig-

keit übergingen. Da der Geruch dieser Tropfen Ameisensäure vermuthen liess, so wurden sie mit ammoniakalischer Silberlösung erwärmt. Es trat thatsächlich ein deutlicher Silberspiegel auf. Demnach scheint auch in der Frauenmilch Ameisensäure vorzukommen. Selbstverständlich kann die Möglichkeit, dass die Reduction auch durch andere mit Wasserdämpfen flüchtige Substanzen veranlasst wurde, nicht in Abrede gestellt werden.

Von 105° stieg die Temperatur des Fettsäuregemisches bis auf 160°. Es ging hierbei eine klare Flüssigkeit von ranzigem Geruch über, die in Wasser unlöslich war und demnach als Buttersäure angesehen werden musste.

Die nächste Fraction, welche bei 200—205° gewonnen wurde, bestand aus wenigen öligen Tropfen. Da sich diese in Wasser als unlöslich erwiesen, so durfte das Destillat mit Berücksichtigung des Siedepunktes als Capronsäure angesprochen werden.

Bei der geringen Menge des im Fractionskolben hinterbliebenen Rückstandes war die Isolirung höherer Säuren nicht mehr möglich, da bei weiterer Temperatursteigerung Zersetzung einzutreten begann und sich acroleïnartig riechende Producte bildeten.

Gewinnung des Glycerins.

Bei der oben erwähnten Destillation des Fettsäuregemisches mit Wasserdämpfen blieben die nicht flüchtigen Säuren auf Wasser schwimmend im Destillationskolben zurück. Das Gemenge wurde noch vor dem Erkalten im Scheidetrichter getrennt. Nachdem die wässerige Flüssigkeit, welche das Glycerin in Lösung enthalten musste, vorher zur Entfernung etwa noch vorhandener flüchtiger Säuren mit Aether geschüttelt worden war, wurde sie auf dem Wasserbade eingedampft. Es blieb eine braune, syrupöse Flüssigkeit zurück, welche durch Rectification im luftverdünnten Raume als Glycerin unschwer zu erkennen war.

Trennung der nicht flüchtigen Säuren.

a) Abscheidung der Oelsäure.

Das Gemisch der nicht flüchtigen Fettsäuren stellte nach dem Entfernen des Wassers bei einer Temperatur von 22° C. einen dickflüssigen Brei dar. Da meine Versuche, die flüssigen Bestandtheile

von den festen durch Abpressen der mit Eis abgekühlten Masse zu trennen, daran scheiterten, dass die Flüssigkeit mit den festen Säuren ein sehr inniges Gemisch bildete und stets die ganze Masse unverändert durchgepresst wurde, so musste zur Trennung ein anderer Weg eingeschlagen werden. Um sämmtliche Säuren in ihre Bleisalze überzuführen, wurde das Gemisch mehrere Stunden mit Bleioxyd auf 100° erwärmt, und das ölsaure Blei mit Aether ausgezogen. In der ätherischen Lösung wurde das Bleioleat durch Schütteln mit Salzsäure zerlegt und das abgeschiedene Chlorblei abfiltrirt. Nach dem Verdunsten des Aethers blieb eine reichliche Menge einer braunen Flüssigkeit zurück, welche den die unreine Oelsäure charakterisirenden Geruch zeigte. Zur weiteren Reinigung löste ich die Säure in Ammoniak, fällte mit Barytwasser und behandelte das mit Wasser gut gewaschene und getrocknete Baryumsalz mit heissem Alkohol. Der grösste Theil der Salzmasse ging hierbei in Lösung und schied sich nach dem Erkalten in schneeweissen, kleinen Krystallen aus, die sich bei der mikroskopischen Untersuchung in nichts von vergleichsweise dargestelltem Baryumoleat unterschieden.

Ein Theil des durch Barytwasser erhaltenen Niederschlages blieb nach dem Auskochen mit Alkohol als völlig unlöslich zurück. Da dieser Niederschlag Baryum enthielt, so wurde er mit verdünnter Schwefelsäure versetzt und mit Aether übergossen, das gebildete Baryumsulfat abfiltrirt, das Filtrat im Scheidetrichter getrennt und der Aether verdunstet. Es resultirte eine braune der unreinen Oelsäure ähnliche Masse von Syrupconsistenz, welche jedoch weder mit salpetriger Säure zu Elaïdinsäure erstarrte, noch Brom oder Jod zu binden im Stande war. Es schien hier demnach eine flüssige, der gesättigten Fettsäurereihe angehörige Verbindung vorzuliegen. Leider musste von einer eingehenderen Untersuchung dieser Säure Abstand genommen werden, da das nur in sehr geringer Menge vorhandene Material durch die erwähnten Vorversuche bereits erschöpft war. Uebrigens möchte ich darauf hinweisen, dass Wein[1]) bei der Untersuchung der Kuhbutter eine analoge Beobachtung gemacht hat.

1) Ernst Wein, a. a. O. S. 8.

Die Menge der aus 200 g Milchfett erhaltenen Oelsäure belief sich auf etwa 80 g, also beinahe auf die Hälfte des nicht flüchtigen Fettsäuregemisches, dessen Gesammtmenge 170 g betrug. Diese Thatsache erklärt nicht nur die geringe Consistenz des Säuregemisches, sondern auch den verhältnissmässig niedrigen Schmelzpunkt der Butter, eine Beobachtung, welche mit der bereits im Eingange erwähnten Bemerkung Hoppe-Seyler's im besten Einklange steht.

b) Trennung der festen Fettsäuren.

Die nach dem Entfernen des Bleioleats zurückgebliebenen Pflaster wurden durch Erwärmen mit Salzsäure zerlegt und die abgeschiedenen Säuren mit Aether aufgenommen. Nach dem Abdunsten des Aethers wurde das Gemisch zur Verjagung des anhaftenden Wassers einige Zeit auf dem Wasserbade erwärmt. Erkaltet stellte das Säuregemisch eine ziemlich harte, gelblich weisse Masse dar, deren Schmelzpunkt bei 44 ° C. lag.

Um die einzelnen Säuren von einander zu trennen, wurde das Gemisch der Destillation im luftverdünnten Raume unterworfen.

Die Thatsache, dass die höheren Glieder der Fettsäurereihe, welche unter gewöhnlichem Druck nicht ohne Zersetzung destillirbar sind, im evacuirten Raume dagegen leicht und unverändert destilliren, ist zuerst von Krafft[1]) zur Reindarstellung einer grossen Anzahl von Fettsäuren mit sehr gutem Erfolg verwandt worden. Krafft[2]) macht in seinen vortrefflichen Arbeiten über die erwähnte Körperklasse sehr genaue Angaben über die Ausführung der Destillation im luftverdünnten Raum und schlägt vor, bei solchen Substanzen, welche durch den Sauerstoff der Luft und unter dem Einfluss ihrer hohen Siedetemperaturen leicht Zersetzungen erleiden, eine nur geringe Luftverdünnung von 100 mm Hg. zu verwenden. Alle von Krafft angegebenen Siedetemperaturen beziehen sich auf ein solches Vacuum, das mit gutem Erfolg überall da angewandt wird, wo es sich um die Destillation bereits isolirter oder doch an-

1) Krafft, Ueber die Laurinsäure. Ber. der deutschen chem. Gesellsch. Bd. 12 S. 1664. — Krafft, Ueber Tridecylsäure, Pentadecylsäure u. Margarinsäure. Ebendaselbst, Bd. 12 S. 1668.

2) Krafft, Ueber neunzehn höhere Normalparaffine. Ebendaselbst. Bd. 15 S. 1687.

nähernd einheitlicher Körper handelt. Krafft unterwarf auch Gemische von Fettsäuren der Destillation, ohne jedoch nähere Angaben zu machen, ob es gelang, einzelne Fractionen von verschiedenen Siedetemperaturen von einander zu trennen.

Um letztere Methode auf das aus dem Fette der Frauenmilch erhaltene Gemisch fester Fettsäuren anzuwenden, wurden zunächst einige Vorversuche mit Gemischen von Fettsäuren vorgenommen, die ich mir durch Verseifen von Kuhbutter verschafft hatte.

Bei einer Luftverdünnung von 100 mm Hg. hatten diese Versuche jedoch nicht den gewünschten Erfolg. Es entstanden hierbei stets Zersetzungsproducte, welche einestheils ein beständiges Schwanken der Temperatur herbeiführten, anderen Theils die Destillate mit dunkelgefärbten Producten von ranzigem Geruch verunreinigten. Zu weit besseren Resultaten gelangte ich bei Anwendung eines stärker evacuirten Raumes von 20 mm Hg. Das besonders im Anfange des Erhitzens sehr störend wirkende Stossen suchte ich dadurch thunlichst zu verhindern, dass ich einen schwachen, aber constanten Luftstrom durch den Apparat leitete und eine Anzahl von Glasstückchen in die zu destillirende Masse brachte.

Ohne auf die dabei gemachten Erfahrungen näher einzugehen, sei nur erwähnt, dass Gemische von Fettsäuren, wie dies ja auch bereits von Heintz[1]) mit Bezug auf die Schmelzpunkte und Krystallisationsverhältnisse beschrieben worden ist, ganz den Charakter einheitlicher Individuen zeigen können. Derartige Säuregemische besitzen bei der Destillation im luftverdünnten Raume constante Siedetemperaturen, welche auch durch wiederholtes Destilliren nicht verändert werden können.

Auf den ersten Blick scheint demnach die Trennung solcher Säuregemische eine Unmöglichkeit zu sein; bei genauerer Untersuchung zeigte es sich jedoch, dass in Gemischen mehrerer Säuren sich der Hauptsache nach nur zwei, ihren Siedepunkten nach aufeinanderfolgende Säuren zusammenlagerten und gleichsam wie ein einheitlicher Körper destillirten. Die weitere Trennung dieser verhältnissmässig einfachen Gemische gelang dann leicht durch wiederholte fractionirte Krystallisation aus Alkohol.

1) Heintz, Ueber die Fette. Journal f. prakt. Chemie, Bd. 56 S. 9.

Destillation des Fettsäuregemisches im luftverdünnten Raume.

Bei einem verminderten Druck von 20 mm Hg. gelang es mir, folgende Fractionen von einander zu trennen:

Erste Fraction bei	218 °		Vierte Fraction bei	255 °	
Zweite „ „	226 °		Fünfte „ „	240—242 °	
Dritte „ „	231 °				

Bei 242 ° ging nur eine geringe Menge eines völlig farblosen Destillates über. Bei weiterem Erhitzen begann die Temperatur zu schwanken, indem sie bald bis auf 250 ° stieg, bald wieder auf 230 ° herabsank. Hierbei ging eine geringe Menge eines gelb gefärbten Oels über, das schon durch seinen Geruch die Spuren der Zersetzung anzeigte.

Die erwähnten fünf Fractionen erstarrten in der Kälte zu schneeweissen, harten Massen, welche alle ein deutlich krystallinisches Gefüge zeigten.

Der Schmelzpunkt der ersten Fraction lag bei 49 °. Die weisse Krystallmasse löste sich leicht in mässig erwärmtem Alkohol, aus welchem sich nach einiger Zeit krystallinische und bei 51 ° schmelzende Schuppen ausschieden. Durch mehrmaliges Umkrystallisiren gelang es, den Schmelzpunkt der Substanz bis auf 54 ° zu erhöhen. — Eine bei einem verminderten Druck von 100 mm Hg. angestellte Siedepunktsbestimmung ergab für die Substanz eine Siedetemperatur von 248 °.[1])

Durch Schmelzpunkt und Siedetemperatur war demnach die erste Fraction als Myristinsäure charakterisirt.

Die zweite Fraction schmolz bei 54,5 ° und löste sich leicht in siedendem Alkohol. Nach dem Erkalten zeigte sich sofort die Verschiedenheit dieser Fraction von der ersten. Es schieden sich alsbald kleine Krystalle aus. Durch wiederholte fractionirte Krystallisation konnten zuletzt zwei Säuren von einander unterschieden werden:

1. die in Alkohol leicht lösliche Myristinsäure und
2. die schwerer lösliche Palmitinsäure.

Die letztere, welche den bei weitem grösseren Theil der Fraction ausmachte, wurde als solche identificirt durch ihren Schmelzpunkt,

---

1) Vergl. Krafft, Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 12 S. 1669.

der constant bei 62° lag, und durch ihren Siedepunkt[1]) (268—269° bei 100 mm Hg.).

Die dritte Fraction zeigte von vorneherein einen ziemlich hohen Schmelzpunkt, nämlich 59—60° C., und erwies sich nach dem Umkrystallisiren als fast reine Palmitinsäure.

Auffallender Weise war der Schmelzpunkt der vierten Fraction im Vergleich zu der vorher beschriebenen wieder gefallen und lag bei 55,6°. Schon dieser Umstand liess auf ein Gemisch mehrerer Säuren schliessen.

Nach Heintz[2]) besteht ein Säuregemisch, welches bei 55,6° schmilzt, aus 35 Theilen Stearinsäure und 65 Theilen Palmitinsäure. Ein solches Gemisch soll nach Angabe dieses Autors unkrystallinisch sein. Obgleich dieser letztere Punkt für die hier vorliegende Substanz, welche nach dem Erstarren deutlich krystallinisch war, nicht zutraf, konnte durch fractionirte Krystallisation Palmitinsäure und Stearinsäure isolirt werden. Die Stearinsäure, deren Diagnose sich aus Schmelzpunkt (69°) und Siedepunkt[3]) (286° bei 100 mm Hg) ergab, war allerdings in bedeutend geringerer Menge vertreten, als man nach dem Schmelzpunkt des Gemisches hätte erwarten können.

Der Schmelzpunkt der fünften und letzten Fraction, welche der Menge nach die geringste von allen war, lag bei 64,8° und konnte durch wiederholte Krystallisation bis 69° erhöht werden.

Es bestand demnach diese letzte Fraction aus Stearinsäure.

Die Resultate dieser Untersuchung sind kurz zusammengefasst folgende:

Abgesehen von der Ameisensäure, deren Anwesenheit nur durch ihre reducirende Wirkung festgestellt werden konnte, wurden aus dem Fett der Frauenmilch in Substanz dargestellt:

Buttersäure,	Palmitinsäure,
Capronsäure,	Stearinsäure,
Caprinsäure,	Oelsäure,
Myristinsäure,	Glycerin.

1) Vergl. Krafft, Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 12 S. 1670.

2) Heintz, Ueber die Fette. Journal f. prakt. Chemie, Bd. 62 S. 13.

3) Vergl. Krafft, Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 13 S. 1417.

Ob in dem Fett der Frauenmilch ausser diesen Verbindungen nicht noch andere enthalten sind, kann nicht mit Sicherheit behauptet werden. Im Gegentheil lässt die Thatsache, dass die Temperatur bei den Destillationen über die Siedepunkte der Caprinsäure in dem einen und der Stearinsäure in dem andern Falle stieg, das Vorhandensein höherer Glieder sowohl der flüchtigen, als auch der nicht flüchtigen Säuren vermuthen. Zur Darstellung dieser jedenfalls nur in sehr geringen Mengen in der Frauenmilch enthaltenen Verbindungen wären bedeutend grössere Quantitäten des schwierig zu beschaffenden Materials erforderlich gewesen, als sie mir bei den vorliegenden Untersuchungen zur Verfügung standen.

Von einer eingehenden quantitativen Bestimmung der einzelnen Bestandtheile musste selbstverständlich Abstand genommen werden, da wir nicht über genaue Trennungsmethoden von Fettsäuregemischen verfügen. Immerhin dürfte aus diesen Untersuchungen hervorgehen, dass die Fette der Frauenmilch verhältnissmässig arm an flüchtigen Säuren sind. Die nicht flüchtigen Säuren bestehen, wie schon erwähnt, beinahe zur Hälfte aus Oelsäure, während in den nicht flüchtigen festen Säuren Myristinsäure und Palmitinsäure gegenüber der Stearinsäure vorherrschen.

Zum Schluss sei mir erlaubt, Herrn Professor Külz, auf dessen Veranlassung vorstehende Arbeit unternommen wurde, für die gütige Ueberlassung des werthvollen Materials, sowie für die mir in reichem Maasse zu Theil gewordene Anregung meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Ueber die Folgen der partiellen Pankreasexstirpation beim Hund.

Von

Dr. med. **Wilhelm Sandmeyer,**

Privatdocenten an der Universität Marburg.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Erster Theil.

Dauernder, bis zum Tode anhaltender, Diabetes mellitus mit fortschreitender Atrophie des Drüsenrestes bei zwei Hunden. Stoffwechsel und Auswerthung verschiedener Kohlehydrate.

Nach totaler Exstirpation des Pankreas in einer Sitzung oder nach der von Minkowski[1]) jetzt bevorzugten dreizeitigen Operation tritt kurze Zeit nach der Operation ein Diabetes schwerer Form auf. Solche Thiere gehen meistens in der zweiten Woche zu Grunde, und nur ausnahmsweise gelingt es, sie 4 Wochen am Leben zu erhalten. Eiterungen, namentlich nach einzeitiger Operation, kommen häufig vor. Untersuchungen über den Stoffwechsel wie über die Ausnutzung von Kohlehydraten sind daher mit grossen Schwierigkeiten verknüpft oder erweisen sich als ganz unmöglich.

Mein Bestreben ging daher vor Allem dahin, die Operation so zu gestalten, dass der Diabetes erst dann eintritt, wenn keine Eiterungen mehr bestehen, die Thiere sich überhaupt von den Folgen der Operation völlig erholt haben. Ein geeigneter Weg dazu schien

1) Untersuchungen über den Diabetes mellitus nach Exstirpation des Pankreas. Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 31 S. 85 u. f.

folgender zu sein: Man exstirpirt das Pankreas partiell und wartet die Atrophie des Restes und damit den Eintritt der Diabetes ab. Vorausgesetzt war freilich hierbei, dass mit fortschreitender Atrophie des Pankreasrestes nun auch wirklich Diabetes auftritt, worüber, soviel ich weiss, bis jetzt noch keine Beobachtungen vorliegen.

In ihren ersten Mittheilungen über Diabetes mellitus nach Pankreasexstirpation halten es allerdings v. Mering und Minkowski[1]) für sehr wahrscheinlich, dass nach Zurücklassung von Pankreasstücken, die nicht mehr mit dem Darm communiciren, später Diabetes auftritt. Sie konnten aber den Beweis nicht liefern, da sie ihre Thiere nicht lange genug beobachteten. Welche Wichtigkeit die Autoren einem solchen Nachweis beimessen, geht aus Folgendem hervor: „Es wäre nun für die Beurtheilung der Rolle, welche der Pankreasfunction bei der Entstehung der Diabetes zukommt, gewiss von grossem Interesse gewesen, wenn es sich gezeigt hätte, dass mit der fortschreitenden Atrophie der Drüse sich bei diesen Versuchen schliesslich doch noch allmählich ein Diabetes mellitus entwickelt hätte.“

Dieser Beweis ist mir in zwei nach dieser Richtung hin angestellten Versuchen gelungen.

Bis zum Eintritt des dauernden Diabetes kann es unter Umständen lange währen. Es wird dies abhängen von der Ernährung und Grösse des Restes. Unterbindet man die Hauptgefässe, so wird der Diabetes eher eintreten, als wenn die Circulation vollständig erhalten bleibt, wie aus den beiden Versuchen[2]) hervorgeht.

Hund I, Jagdhund, Männchen.
Gewicht: 12 010 g.

Exstirpirtes Stück { 24 cm lang, 28 g schwer Es bleibt zurück das freie Ende der Portio duodenalis in der Länge von etwa 3 cm. Die grosse an der Spitze liegende Arterie und Vene werden unterbunden.	Operation: 6. IV. 92.

1) Diabetes mellitus nach Pankreasexstirpation. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 26 S. 371.

2) Beide Versuche sind bereits erwähnt in meiner Arbeit: Ueber die Folgen der Pankreasexstirpation beim Hund. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 S. 112.

Eintritt des dauernden Diabetes 17. VIII. 92, also etwa vier Monat nach der Operation.

Der Tod erfolgte 15. X. 92, demnach etwa zwei Monat nach Eintritt des dauernden Diabetes.

Hund II, Spitz, Weibchen.

Gewicht: 5020 g.

Exstirpirtes Stück 15 g schwer. Es bleibt zurück der an der Milz gelegene Theil der Portio gastro-lienalis in der Länge von etwa 3 cm. Gefässe des Restes werden nicht unterbunden.	Operation: 4. I. 92.

Eintritt des dauernden Diabetes 11. II. 93, also etwa 13 Monat nach der Operation.

Der Tod erfolgte 19. X. 93, demnach etwa acht Monat nach Eintritt des dauernden Diabetes.

Beide Thiere erholten sich bald nach der Operation, waren munter und nahmen Nahrung zu sich, ohne zu erbrechen. Im Laufe der Zeit zeichneten sich beide durch grosse Gefrässigkeit aus. Hund II verschlang oft seine eigenen Fäces. Die Bauchwunde heilte bei Hund II per primam; bei Hund I stellte sich geringe Eiterung ein, die Bauchwunde zeigt lange ein schlecht ernährtes Aussehen.

Beide Thiere wurden zunächst — mit Ausnahme weniger Tage nach der Operation, während deren sie Eier und Milch erhielten, und während einiger Versuche mit Brod resp. mit Brod und Milch — wie die übrigen Hunde im hiesigen Institut gehalten. Die Thiere bekommen meistens Schlachthaus-, seltener Küchenabfälle. Der Harn wurde täglich eingehend untersucht. Genauere Auswahl und Abwägung der Nahrung begann bei Hund I [1]) etwa $4\frac{1}{2}$ Monat, bei Hund II erst etwa 11 Monat nach der Operation.

Ueber das Verhalten der Zuckerausscheidung bis zum Eintritt des dauernden Diabetes geben von Hund I Tab. I, von Hund II Tab. I—III Aufschluss. Der weitere Verlauf bis zum Beginn der eigentlichen Versuche ist aus Tab. II (Hund I) und Tab. IV (Hund II) ersichtlich.

---

1) 30. IV. wurde bei Hund I die Bauchhöhle zum zweiten Mal eröffnet. Die Därme waren so ausgedehnt mit einander verklebt, dass es nicht gelang, den Rest des Pankreas aufzufinden.

Das Befinden der Thiere liess, mit Ausnahme weniger Tage, die in den weiteren Tabellen unter „Bemerkungen“ aufgeführt sind, nichts zu wünschen übrig. Zeitweise trat starker Ausfall der Haare ein. Beide Thiere starben in Folge des Diabetes im höchsten Marasmus.

Versuchsanordnung nach dem Eintritt des dauernden Diabetes.

Täglich Morgens 8 Uhr wurde vor der Fütterung bei den Thieren das Körpergewicht bestimmt. Darauf erhielten sie ihre Nahrung, die für gewöhnlich aus Pferdefleisch bestand. Nur wenn solches nicht zu beschaffen war, wurde Rindfleisch substituirt. Das von Sehnen und Fett befreite Fleisch wurde vorher in der Hackmaschine zerkleinert. Hund I erhielt stets 8 Uhr früh 1000 g Fleisch mit Ausnahme von 2 Tagen, an denen er absichtlich nur 500 g erhielt und am letzten Tag vor seinem Tode, an dem er nur 874 g nahm. Das Fleisch wurde in wenigen Minuten auf einmal verzehrt. Hund II nahm im Beginn der Fütterung mit Pferdefleisch trotz seines bedeutend geringeren Körpergewichtes ebenfalls 1000 g auf einmal. Vom 13. XII. ab wurde diese Menge auf 8 Uhr und 2 Uhr vertheilt, da sich wegen zu starker Ueberladung des Magens einige Mal Erbrechen einstellte. Es mussten ferner bei diesem Thier während der eigentlichen Versuche verschiedentlich Aenderungen in der Nahrungszufuhr vorgenommen werden, da nach Verabfolgung mancher Zuckerarten der Appetit nachliess. Der Hund erhielt deshalb vom 3. VI. ab bis zu seinem Tode nur noch 500 g Fleisch 8 Uhr Morgens.

Nach der Aufnahme des Fleisches wurde den Thieren Wasser gereicht, das allerdings nach reiner Fleischnahrung meist nicht genommen wurde. In solchen Fällen wurden täglich dieselben genau abgemessenen Mengen durch die Sonde gegeben. Nach Zufuhr bestimmter Substanzen musste allerdings oft die Wasserzufuhr erhöht werden, weil die Thiere von zu grossem Durst geplagt wurden.

Die löslichen Kohlehydrate wurden nach der Aufnahme des Fleisches in wässeriger Lösung zugeführt und zwar immer auf einmal durch die Sonde bei Hund I und meistens auch bei Hund II. Nur bei der Eingabe grösserer Mengen von Lävulose, sowie zur Zeit,

Hund I. Tabelle I.

Jagdhund, Männchen.

Operation: 6. IV. 92. Anfangsgewicht: 12 010 g.

Tod: 15. X. 92. Endgewicht: 6 820 g.

Datum der Tage, an denen der Harn keinen Zucker enthielt	Datum der Tage, an denen der Harn zuckerhaltig war	Es wurden vorgefunden 8h früh an Harn in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in %	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Bemerkungen
7.IV.[1] 92											
	13. IV.	378	1018,5	schwach sauer	+0,6	2,27	geringer Niederschlag	0	0	deutliche Reaction	
14. IV.											
	15. IV	607	1028	sauer	+0,1	0,61	geringer Niederschlag	0	0	ganz schwache Reaction	
16. IV.											
	17. IV.	102	1034	stark sauer	+0,14	0,14	sehr geringer Niederschlag	0	0	ganz schwache Reaction	Erhält und nimmt vom 15. IV. bis zum 21. IV. (incl.) pro Tag 500 g Graubrod, 1000 ccm Milch + 500 Wasser.
18. IV.											
	19. IV.	628	1014	sauer	+0,14	0,88	mässige Opalescens	0	0	0	
	20. „	712	1016	„	+0,28	1,99	schwache Opalescenz	0	0	0	
	21. „	613	1015	schwach sauer	+0,21	1,29	deutl. Trübung	0	0	0	Körpergewicht 22. IV. 11 150 g.
	22. „	706	1012	stark sauer	+0,28	1,98	schwache Opalescenz	0	0	0	Vom 22. IV. bis 27. IV. (incl.) 1500 g Abfall aus dem Schlachthaus + 500 ccm Wasser.
	23. „	694	1026,5	sauer	+0,14	0,97	starke Opalescenz	0	0	ganz schwache Reaction	28. IV. 500 g Graubrod + 100 ccm Wasser.
24. IV. bis 2. V.											29. IV. Carenz. 30. IV. Zweite Laparotomie. Bis zum 2. V. Carenz.
	3. V.	106	1031	sauer	+ Spur starke Reduction		sehr geringer Niederschlag	0	0	starke Reaction	Nimmt 2. V. 250 ccm Milch, 3. V. 9 h 150 g Graubrod mit 500 ccm Milch + 500 ccm Wasser.
	4. „	578	1015	amphoter	+0,56	3,24	geringer Niederschlag	0	0	ganz schwache Reaction	4. V. und 5. V. dasselbe, 6. V. 300 g Graubrod mit 500 ccm Milch + 500 ccm Wasser.
5. V. bis 16. VI.											Vom 7. V. ab gemischte Nahrung, vorwiegend Schlachthausabfälle. 4. V. Nähte herausgenommen. Leichte Eiterung der Stichcanäle. Verband mit Jodoformcollodium.

	17. VI.	324	1082	alkalisch	+0,56	1,81	schwache Opalescenz	0	0	—	
18. VI. bis 22. VI.											
	23. VI.	620	1080,5	alkalisch	+0,14	0,87	starke Opalescenz	0	0	0	
	24. „	410	1026	schwach sauer	+1,7	6,97	„	Spur	?	Spur	
25. VI.											
	26. VI.	632	1047,5	schwach alkalisch	+0,2	1,26	mässige Opalescenz	0	0	schwache Reaction	
27. VI. bis 17. VII.											
18. „											
	19. VII.	380	1081,5	alkalisch	+3,2	12,16	mässige Opalescenz	0	0	schw. Reaction	16. VII. Carenz. Nahm vom 17. VII. bis 22. VII. (incl.) pro Tag 400 g Graubrod.
	20. „	340	1019	„	+1,0	3,40	„	0	0	„	
	21. „	290	1022,5	amphoter	+2,8	8,12	„	0	0	„	
	22. „	260	1022	schwach alkalisch	+1,8	4,68	„	0	0	„	
	23. „	330	1014	amphoter	+0,6	1,98	„	0	0	„	
24. VII. bis 9. VIII.											Vom 23. VII. ab wieder gemischte Nahrung, vorwiegend Schlachthausabfälle.
	10. VIII.	520	1026	alkalisch	+0,2	1,04	0	Spur	0	starke Reaction	
	11. „	555	1040,5	stark alkalisch	+1,6	8,88	0	0	0	schw. Reaction	
12. VIII.											
	13. VIII.	520	1026,5	alkalisch	+2,2	11,44	0	Spur	0	schw. Reaction	
14. VIII. bis 16. VIII.											
Von 17. VIII. ab dauernder Diabetes.											

Nahm an Wasser		Vorgefundene Menge Koth in g
17. VII.	1000 ccm	0
18. „	700 „	0
19. „	800 „	385
20. „	700 „	528
21. „	600 „	465
22. „	650 „	558
23. „	—	333

[1]) Der Harn vom 8. IV. bis 12. IV. ging leider verloren.

Hund I. Tabelle II.

Es wurden vorgefunden: Datum	Zeit	Harn in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in %	g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Nahrung: der Hund erhielt und nahm v. Schlachthausabfällen in g	von 1000 ccm Wasser, die hingestellt wurden in ccm	Bemerkungen
1892													
17. VIII.	8h frh.	410	1060	stark alkal.	+ 3,0	12,30	0	0	0	0	1000	—	
18. „	„	600	1045	„	+ 2,8	16,80	0	0	0	0	„	—	
19. „	„	580	1046,5	„	+ 3,6	20,88	0	0	0	0	„	—	
20. „	„	340	1044,5	„	+ 2,4	8,16	0	0	0	schwache Reaction	„	—	
21. „	„	510	1041	„	+ 4,2	21,42	0	0	0	0	„	—	
22. „	„	520	1028	„	+ 2,1	10,92	0	0	0	0	„	90	Körpergewicht: 10 100 g. Der vorderste Stichkanal d. Bauchwunde leicht eiternd. Am hinteren Ende der Wunde ein kleiner fluctuirend. Wulst
23. „	„	240	1040	„	+ 1,5	3,60	0	0	0	0	„	500	
24. „	„	nicht vollständig 575	1031	alkalisch	+ 1,5	8,63	0	0	0	0	„	470	
25. „	„	520	1037	stark alkal.	+ 3,0	15,60	0	0	?	0	„	100	
26. „	„	520	1054	alkalisch	+ 5,4	28,08	0	0	0	schwache Reaction	„	300	
27. „	„	530	1052	„	+ 4,0	21,20	0	0	0	0	„	100	
28. „	„	430	1047	alkalisch	+ 3,8	16,34	0	0	0	0	„	300	
29. „	„	550	1041	„	+ 3,9	21,45	0	Spur	0	0	„	250	
30. „	„	450	1051	„	+ 5,1	22,95	0	0	0	0	„	200	
31. „	„	550	1054	„	+ 5,7	31,35	0	0	0	mässig starke Reaction	„	50	
1. IX.	„	485	1038	„	+ 2,7	13,10	0	0	0	starke Reaction	„	50	
2. „	„	500	1037,5	„	+ 3,0	15,00	0	0	0	„	„	70	
3. „	„	500	1029,5	„	+ 2,2	11,00	0	0	0	„	„	100	
4. „	„	500	1060	„	+ 5,4	27,00	0	0	0	0	„	100	
5. „	„	340	1047	„	+ 4,4	14,96	0	0	0	0	„	350	
6. „	„	495	1049	„	+ 5,2	25,74	schwache Opalescenz	0	0	schw. Reaction	„	400	Körpergewicht: 9900 g
7. „	„	260	1046,5	„	+ 2,8	7,28	geringer Niederschlag	0	0	sehr starke Reaction	nimmt von 1000 nur 165	100	
8. „	„	578	1051	stark alkal.	+ 4,8	27,74	sehr geringer Niederschlag	0	0	ausserordentl. starke Reaction	1000	100	
9. „	„	490	1050	„	+ 4,0	19,60	starke Trübung	Spur	0	„	„	50	
10. „	„	540	1045	„	+ 4,4	23,76	schwache Opalescenz	„	0	sehr starke Reaction	1500	100	
11. „	„	635	1040	alkalisch	+ 4,4	27,94	sehr geringer Niederschlag	„	0	mässig starke Reaction	1500	nicht bestimmt	Körpergewicht: 8740 g

Hund II. Tabelle I

Spitz, Weibchen.

Operation: 4. I. 92. Anfangsgewicht: 5020 g.
Tod: 19. X. 93. Endgewicht: 2570 g.

Datum der Tage, an denen der Harn zuckerfrei war	Datum der Tage, an denen der Harn zuckerhaltig war	Harn in ccm 8 Uhr früh vorgefunden	Harn in ccm 8 Uhr früh mit dem Katheter entleert	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in %	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Bemerkungen
1892 5. I. bis 20. II. (incl.)												Der Hund erhielt bis 14. I. Milch und Eier, von da ab bis 20. I. Fleisch und Brod. Von 20. I. Schlachthausabfälle.
	21. II.	234	—	1020,5	—	+ 0,2	0,47	0	—	—	—	
22. II. u. 23. II.												
	24. II.	152	—	1017	—	+ 0,14	0,21	0	—	—	—	
25. II.												
	26. II.	204	—	1030,5	—	+ 0,7	1,43	0	—	—	—	
	27. II.	67	—	1028	sauer	+ Spur	—	—	—	—	—	Von 20. II. bis 8 III. incl. nur Wasser und Brod.
28. II. u. 29. II.												
	1. III.	321	—	1021,5	sauer	+ Spur	—	—	—	—	—	
2. III.												
	3. III.	176	—	1020,5	—	+ 0,14	0,25	—	—	—	—	
4. III.												
	5. III.	192	—	1024	—	+ 0,28	0,54	—	—	—	—	
	6. III.	397	—	1017	—	+ 0,14	0,56	—	—	—	—	Von 8. III. bis 3. IV. incl. vorwiegend Schlachthausabfälle.
7. III. u. 8. III.												
	9. III.	48	—	1034,5	—	+ 0,28	0,13	—	—	—	—	22. III. Körpergewicht 4100 g.
10. bis 23. III. (incl.)												
	24. III.	450	—	1026	alkalisch	+ 0,14	0,63	spärliche Flocken	0	0	—	
25. III. bis 12. IV. (incl.)												Von 4. IV. bis 11. IV. incl. pro Tag 250 g Graubrod und Wasser. Von 11. IV. bis 21. IV. incl. pro Tag 250 g Graubrod + 500 ccm Milch.
	13. IV.	360	—	1009,5	sauer	+ 0,15	0,54	schwache Opalescenz	0	0	0	
	14. IV.	400	—	1009,5	stark sauer	+ 0,1	0,40	"	0	0	0	
	15. IV.	395	—	1011,5	sauer	+ 0,28	1,11	"	0	0	0	
16. IV.												
	17. IV.	140	—	1012	stark sauer	+ 0,56	0,78	"	0	0	0	
	18. IV.	440	—	1011,5	sauer	+ 0,42	1,85	mässige Opalescenz	0	0	0	
	19. IV.	305	—	1006	alkalisch	+ 0,1	0,31	schwache Opalescenz	0	0	0	
	20. IV.	310	—	1006	sauer	+ 0,21	0,65	"	0	0	0	
21. IV.												

Hund II. Tabelle III.

Datum der Tage, an denen der Harn zuckerfrei war	Datum der Tage, an denen der Harn zuckerhaltig war	Harn 8 Uhr früh vorgefunden	Harn 8 Uhr früh mit dem Kathet. entleert	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt %	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Nahrung pro die	Bemerkungen
1892													
16. XI. bis 26. XI. (incl.)												vorwiegend Schlachthausabfälle	Gewicht 17. XI. 4320 g
27. XI. bis 4. XII. (incl.)												1000 g Pferdefl. und 200 ccm H_2O durch die Sonde	Gewicht 4170 g
	5. XII.	475	—	1043	alkalisch	+ 1,2	5,70	—	Spur	0	?	„	Von 27. XI. bis 13. XII. incl. wurde das Fleisch Morgens 8 h auf einmal gereicht, v. da ab Theilung 8 h 500 g, 2 h 500 g
6. XII. bis 10. XII. (incl.)													
	11. XII.	440	—	1045	alkalisch	+ 0,6	2,64	0	Spur	0	minimale Spur	„	Gewicht 4370 g
	12. XII.	445	—	1047	„	+ 1,9	8,46	0	?	0	„	„	
	13. XII.	355	—	1038	„	+ 0,4	1,42	0	0	0	„	„	
14. XII.													
	15. XII.	310	—	1051,5	„	+ 0,2	0,62	0	0	0	Spur	„	
	16. XII.	370	—	1048	„	+ 1,2	4,44	0	0	0	„	„	Gewicht 4320 g
	17. XII.	430	—	1057,5	„	+ 2,4	10,32	0	Spur	0	„	„	
	18. XII.	355	—	1060	„	+ 2,0	7,10	0	„	0	„	„	Gewicht 4410 g
	19. XII.	250	—	1065	„	+ 0,2	0,50	0	„	0	„	„	

20. XII. bis 28 XII. (incl.) 25. XII. bis 6. I. (incl.)	24. XII.	405	—	1050	alkalisch	+ 0,2	0,81	0	0	0	Spur	1000 g Pferdefl. und 200 ccm H_2O durch die Sonde	
1898	7. I.	130	—	1070	„	+ 3,2	4,16	spärliche Flocken	Spur	0	0	„	Gewicht 4600 g
	8. I.	135	—	1070	„	+ 5,0	6,75	schwache Opalescenz	„	0	0	„	Nimmt spontan 450 ccm H_2O
	9. I.	260	—	1057	„	+ 3,8	9,88	spärliche Flocken	„	0	Spur	„	Spontan 455 ccm H_2O Gewicht 4700 g
	10. I.	280	—	1057,5	„	+ 3,0	8,40	schwache Opalescenz	„	0	„	„	Spontan 339 ccm H_2O
11. I. bis 18. I. (incl.)													
	19. I.	588	—	1042,5	schwach alkalisch	+ 0,4	2,35	0	„	0	0	„	Gewicht 4920 g
	20. I.	395	—	1049	„	—	0,18	0	„	0	0	„	
	21. I	315	—	1050	alkalisch	+ 0,4	1,26	0	„	0	0	„	Gewicht 4970 g
	22. I.	400	—	1057	„	+ 0,8	3,20	0	„	0	0	„	
23. I.													
	24. I.	258	—	1060	„	+ 0,3	0,77	0	„	0	minimale Spur	„	
	25. I.	369	—	1050	„	+ 0,3	1,11	0	„	0	Spur	„	Gewicht 5000 g
26. I. bis 29. I. (incl.)												Von 26. I. bis 29. I. incl. 1000 g Pferdefleisch	
	30. I.	450	—	1039,5	„	+ 0,3	1,35	0	minimal. Spur	6	0	+ 50 g Graubrod	
31. I. bis 10. II. (incl.)												von da ab wieder 1000 g Pferdefl.	Gewicht 5070 g

Hund II. Tabelle IV.

(Von 11. II. ab bezieht sich die Harnmenge auf den Tag, an dem der Harn gelassen wurde. Durch tägliches Katheterisiren. 8 h früh erfolgte die genaue Abgrenzung der 24stündigen Harnmengen.)

Datum	24stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Nahrung pro die	Bemerkungen
				%	g						
1893											
11. II.	460	1040,5	alkalisch	+ 0,2	0,92	0	Spur	0	0	1000 g Pferdefl.	Gew.: 5070 g
12. II.	391	1040	"	+ 0,45	1,76	0	"	0	0	"	
13. II.	456	1038	"	—	0,59	schwache Opalescenz	minimale Spur	0	0	"	
14. II.	425	—	sauer	+ 1,05	4,46	0	"	0	0	1000 g Pferdefl. + 20 g Rohrzuck. (gel. in 100 H_2O)	
15. II.	406	—	"	+ 1,3	5,28	0	"	0	0		Gew.: 5070 g
16. II.	383	1048	"	+ 0,8	3,06	0	Spur	0	0	1000 g Pferdefl.	
17. II.	383	1050	"	+ 0,7	2,68	0	"	0	0	"	
18. II.	350	1050	"	+ 0,5	1,75	0	"	0	0	"	Gew.: 5250 g
19. II.	376	1048	"	+ 0,7	2,63	0	"	0	0	"	
20. II.	486	—	"	+ 0,9	4,37	0	"	0	0	1000 g Pferdefl. + 20 g Rohrzuck. (gel. in 100 H_2O)	Gew.: 5220 g
21. II.	413	—	"	+ 1,2	4,96	0	"	0	0		
22. II.	416	1042	"	+ 0,5	2,10	0	schwache Reaction	0	0	1000 g Pferdefl.	
23. II.	376	1048	"	+ 0,45	1,69	0	Spur	0	0	"	
24. II.	466	1044	"	+ 0,7	3,26	0	"	0	0	"	Gew.: 5250 g
25. II.	322	1056	"	+ 0,9	2,90	0	schwache Reaction	0	Spur	"	
26. II.	311	1060	"	+ 0,8	2,49	0	Spur	0	0	"	
27. II.	241	1019	"	0	0	0	"	0	minimale Spur	Carenz	
28. II.	345	1050	"	—	0,21	0	"	0	"	1000 g Pferdefl.	
1. III.	433	1040	"	+ 0,4	1,73	0	"	0	0	"	
2. III.	427	1045	"	1,04	4,44	0	"	0	Spur	"	
3. III.	463	1042	"	1,15	5,32	0	"	0	0	"	
4. III.	508	1037	"	—	0,68	0	"	0	0	"	

5. III.	456	1042	sauer	—	1,00	0	Spur	0	0	1000 g Pferdefl.	
6. III.	588	1040	„	+ 0,3	1,61	0	„	0	0	„	
7. III.	503	1040	„	+ 0,6	3,02	0	„	0	0	„	
8. III.	399	1042	„	+ 0,4	1,60	0	„	0	0	„	
9. III	390	1050	„	+ 1,0	3,90	0	„	0	Spur	„	Gew.: 5250 g
10. III.	518	1048	„	+ 0,7	3,63	0	„	0	0	„	
11. III.	578	1042	„	+ 1,4	8,02	0	„	0	0	„	
12. III.	436	1048	„	+ 1,0	4,36	0	0	0	0	„	
13. III.	546	1050	„	+ 2,5	13,65	0	0	0	0	1000 g Pferdefl. + 20 g Rohrzuck.	
14 III.	688	1039	„	+ 0,5	3,44	0	0	0	0	1000 g Pferdefl.	
15 III.	576	1042	„	+ 0,6	3,46	0	Spur	0	0	„	
16. III.	598	1040	„	+ 0,5	2,99	0	„	0	0	„	
17. III.	821	1042	„	+ 1,0	8,21	0	„	0	0	1000 g Pferdefl. +150 g rohes Rindspankreas	Nimmt davon 699 g
18. III.	449	1038	„	+ 0,5	2,25	0	„	0	0	1000 g Pferdefl.	
19. III.	334	1049,5	„	+ 0,4	1,34	0	0	0	0	„	
20. III.	474	1033,5	„	—	0,38	0	Spur	0	0	„	
21. III.	531	1030,5	„	—	0,62	0	0	0	0	„	Gew.: 5070 g
22. III.	638	1029	„	—	0,31	0	Spur	0	0	„	
23. III.	586	1027	„	—	0,31	0	„	0	0	„	
24. III.	926	1036	„	+ 0,5	4,63	0	schwache Reaction	0	0	1000 g Pferdefl. + 150 g rohes Rindspankreas	
25. III.	714	1042	„	+ 2,3	16,42	0	Spur	0	0	1000 g Pferdefl.	
26. III.	594	1040	„	+ 0,4	2,38	0	„	0	0	„	
27. III.	616	1037	„	+ 0,6	3,70	0	„	0	Spur	„	Gew.: 5020 g
28. III.	621	1030	„	+ 0,5	3,11	0	„	0	minimale Spur	„	
29. III.	680	1041	„	+ 1,6	10,88	0	Spur	0	Spur	1000 g Pferdefl. + 100 g rohes Rindspankreas	Erbricht 155 g
30. III.	1035	1039,5	„	+ 1,3	13,50	0	Spur bis schw. React.	0	0		
31. III.	540	1039,5	„	+ 0,9	4,86	0	Spur	0	Spur	1000 g Pferdefl.	
1. IV.	390	1046	„	+ 0,6	2,34	0	„	0	0	„	Gew.: 4950
2. IV.	360	1053	„	+ 1,0	3,60	0	„	0	minimale Spur	„	
3. IV.	485	1045	„	+ 0,9	4,37	0	minimale Spur	0	„	„	Gew.: 5020 g

Hund II. Tabelle II.

Datum der Tage an denen der Harn war: zuckerfrei	zuckerhaltig	Harn 8 h früh: vorgefunden	mit dem Katheter entleert	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in %	g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Bemerkungen
	22. IV	430	—	1005,5	schwach sauer	+ 0,28	1,20	mässige Opalescenz	0	0	0	Gewicht: 3600 g
23. IV. bis 26. IV. inc.												Von 22. IV bis 29. IV. incl. pro die 1000 g Fleischabfälle
	27. IV	35	—	—	stark sauer	+ 0,28	0,098	schwache Opalescenz	0	0	0	Von da ab gemischte Nahrung
28. IV. bis 23. VI. inc.												
	24. VI	145	—	1026,5	stark sauer	+ 1,4	2,03	starke Opalescenz	schwache Reaction	0	0	18. VI Gewicht: 4500 g
	25. VI	240	—	1031,5	stark sauer	+ 0,2	0,48	starke Trübung	0	0	0	
26. VI. bis 19. VII. icl.												Von 17. VII. bis 23. VII. incl. 250 g Graubrod und Wasser
	20. VII	140	—	1022,5	schwach alkalisch	+ 0,6	0,84	mässige Opalescenz	0	0	0	
	21. VII	210	—	1008,5	neutral	+ 0,4	0,84	schwache Opalescenz	0	0	0	
	22. VII	66	—	1014	alkalisch	+ 0,4	0,26	mässige Opalescenz	0	0	sehr schwch. Reaction	
	23. VII	20	—	—	alkalisch	+ 0,6	0,12	„	0	0	0	
24. VII. bis 21. IX. icl												9. IX. Gewicht: 4270 g
	22. IX	390	—	1040,5	alkalisch	+ 0,3	1,17	schwache Opalescenz	0	0	sehr schwch. Reaction	
	23. IX	340	—	1028,5	alkalisch	+ 1,4	4,76	„	0	0	0	Von 23. IX. bis 25. IX. pro Tag 200 g Graubrod
	24. IX	145	—	1024,5	amphoter	0	0	„	0	0	0	
	25. IX	32	—	—	sauer	+ 0,2	0,06	„	0	0	—	
	26. IX	40	—	—	sauer	+ 0,2	0,08	„	0	0	—	Gewicht 23. IX. 4900 g
27. IX. bis 3. XI.												
	4. XI	650	—	1035	alkalisch	+ 0,6	3,90	Spur	Spur	0	0	
5. XI.												
	6. XI	350	—	1032	alkalisch	+ 0,4	1,40	schwache Opalescenz	?	0	0	
7. XI. und 8. XI.												
	9. XI	30	—	—	alkalisch	+ 1,0	0,30	„	0	0	0	8. XI. Gewicht: 4700 g
	10. XI	80	—	1032,5	sauer	+ 0,6	0,48	„	0	0	minimale Spur	
	11. XI	97	—	1029,5	amphoter	+ 0,4	0,39	„	0	0	ders. Befund	Von 8. XI. bis 15. XI. 300 g Graubrod
	12. XI	53	—	—	sauer	+ 0,4	0,21	„	Spur	0		
	13. XI	35	—	—	alkalisch	+ 0,2	0,07	„	?	0	0	
	14. XI	28	—	—	stark sauer	+ 0,2	0,14	„	0	0	?	17. XI. Gewicht: 4320 g
	15. XI	37	—	—	alkalisch	+ 0,6	0,22	„	0	0	0	

als die Kräfte des Thieres schon beträchtlich nachgelassen hatten, bei der Eingabe von Galaktose und Raffinose wurden die Mengen auf 8 Uhr und 2 Uhr vertheilt.

Die Harnsammlung erfolgte während der Dauer der eigentlichen Versuche von 8 Uhr früh zu 8 Uhr früh. Wegen der Schwierigkeiten, die sich der andauernden Katheterisation männlicher Hunde entgegenstellen, wurde bei Hund I davon Abstand genommen, während bei Hund II, der täglich 8 Uhr früh katheterisiert wurde, sich genau die 24-stündige Menge erhalten liess.

Die Abgrenzung des Kothes für die einzelnen Versuche wurde vorgenommen mit fein gepulverter Holzkohle, mit der etwa 1/8 des Fleisches stark geschwärzt wurde. Die täglich entleerten Kothmengen wurden mit verdünnter Schwefelsäure übergossen und auf dem Wasserbad getrocknet. Die gut getrockneten Faeces wurden in einer Mühle zu einem feinen Pulver zermahlen. Die zu einem Versuch gehörigen Mengen wurden vereinigt, in hohen Präparatengläsern durch öfteres Schütteln gut gemischt und wohl verschlossen aufbewahrt.

Der N-Gehalt in Harn und Koth wurde ermittelt nach der Kjeldahl'schen Methode mit der Modification von Argutinsky. Vom Harn wurden verwandt zu jeder Bestimmung 5 ccm, vom Koth genau 1 g. Das Destillat wurde aufgefangen in 20 ccm Normalschwefelsäure. Titrirt wurde mit Normalnatronlauge, als Indicator diente neutrale Lackmuslösung. Von jedem Versuch wurden stets zwei Bestimmungen neben einander ausgeführt, die meistens so gut übereinstimmten, dass Controlanalysen überflüssig wurden.

Der Fettgehalt in den Faeces wurde bestimmt bei Hund I durch 20stündiges Extrahiren im Apparat von Soxhlet, bei Hund II durch 4—6stündige Extraction im modificirten Schwarzschen Apparat. Zur Bestimmung wurden 3—6 g Substanz angewendet und stets zwei Bestimmungen neben einander ausgeführt. Die Faeces von Hund I wurden ohne Weiteres der Extraction mit Aether unterworfen, die von Hund II wurden vorher zur Spaltung der Seifen mit salzsäurehaltigem Alkohol und nach dem Verjagen des Alkohols und 1stündigem Trocknen bei 110° erst mit Aether behandelt. Durch eine Reihe von Versuchen konnte ich mich über-

zeugen, dass 4-stündiges Extrahiren im Apparat von Schwarz[1]) nach vorausgehender Behandlung der Trockensubstanz mit salzsäurehaltigem Alkohol dasselbe oder sogar noch ein etwas höheres Resultat ergab als 20stündige einfache Extraction mit Aether im Apparat von Soxhlet. Bei der grossen Zeitersparnis, die so der Schwarz'sche Apparat bietet, wandte ich ihn auch an zur Bestimmung des Fettgehaltes im Pferdefleisch. Es erwies sich auch hierbei zweckmässig, die Behandlung mit salzsäurehaltigem Alkohol vorausgehen zu lassen, da ohne diese oft Partikelchen des feinen Pulvers mit herübergespült wurden.

Die Bestimmung des Ammoniaks im Harn erfolgte nach der Schlösing'schen Methode. Der Harn von jeder Bestimmung stand fünf Tage unter der Glocke.

Der Zuckergehalt wurde täglich ermittelt bei Hund I durch einen Halbschattenapparat von Jelett-Cornu mit Keilcompensation und Titration nach Fehling, bei Hund II ausserdem noch nach der Methode von Soxhlet-Allihn. Zu den letzten beiden Methoden der Zuckerbestimmung bemerke ich schon hier, dass ich bei Hund I alle, bei Hund II die Bestimmungen bis 20. VII. etwas zu hoch halte, da die Verdünnung des Harnes im Messcylinder vorgenommen wurde. Genaue Resultate glaube ich erst dann erzielt zu haben, als der Harn in derselben gut geaichten Bürette abgemessen und dann in demselben Messkölbchen genau bis zur Marke mit dest. Wasser verdünnt wurde. Gleichwohl lassen sich auch aus den zuerst gewonnenen Resultaten durch Vergleichung annähernd genaue Schlüsse ziehen.

Zur schärferen Charakterisirung des ausgeschiedenen Zuckers wurde bei beiden Thieren während der ganzen Versuchsdauer täglich das Osazon dargestellt und nach Eingabe bestimmter Zuckerarten eine Trennung des etwa vorhandenen Osazongemisches versucht. Es gelang nur einmal neben Dextrosazon ein zweites Osazon darzustellen, das nicht den Schmelzpunkt des Dextrosazons zeigte (vergl.

1) Der Apparat von Schwarz eignet sich deshalb so vorzüglich für die Behandlung einer Substanz mit salzsäurehaltigem Alkohol, weil man die Substanz nach dem Verjagen des Alkohols in demselben Kölbchen auch der Extraktion mit Aether unterwerfen kann.

S. 34). Der Schmelzpunkt wurde so ermittelt, dass mit dem zu untersuchenden Präparat gleichzeitig ein aus reinstem Traubenzucker frisch dargestelltes und vielfach umkrystallisirtes Dextrosazon vergleichsweise zusammen erhitzt wurde.

Eiweiss- und Gallenfarbstoffgehalt, sowie mikroskopischer Befund des Harns.

Im Harn von Hund I fand sich vor dem Eintritt des dauernden Diabetes zuweilen eine etwas stärkere Eiweissreaktion, die wohl, wie die Section ergab, in den sich in der Bauchhöhle noch abspielenden entzündlichen Processen ihre Erklärung finden dürfte. Während des Diabetes war die Eiweissreaction im Allgemeinen nur schwach, erst in dem kurz vor dem Tode entleerten Harn ergab die Prüfung einen geringen Niederschlag.

Der Harn von Hund II gab weder vor noch nach dem Eintritt des Diabetes eine auffällige Reaction. Meistens war sogar während des Diabetes keine Spur von Eiweiss nachzuweisen. Der zuletzt entleerte Harn zeigte nur eine starke Opalescenz.

Mikroskopisch ergab sich in den Harnen beider Thiere nichts Auffälliges, einige Fetttropfen, wie sie in jedem Hundeharn vorkommen, einige Plattenepithelien, zuweilen einige w. Bltk. Im Harn von Hund I fanden sich ausserdem oft Tripelphosphat und harnsaures Ammon, was bei der alkalischen Reaction des Harns nicht Wunder nehmen kann. Cylinder wurden nie gefunden, auch nicht in dem zuletzt vor dem Tode entleerten Harn, obgleich bei beiden Thieren durch die mikroskopische Untersuchung in den Nieren Cylinder, wenn auch nur spärlich nachzuweisen waren.

Der Harn von Hund I zeigte in den ersten Monaten nach der Operation keine auffallende Gallenfarbstoffreaction. Erst etwa 14 Tage nach Eintritt des dauernden Diabetes trat eine starke Reaction ein, die mit geringen Aenderungen bis zum Tode anhielt. Wie die Section ergab, handelte es sich bei diesem Thier um Retention von Gallenfarbstoff.

Auch im Harn von Hund II fanden sich zuweilen kleine Mengen Gallenfarbstoff, die aber nichts Auffälliges bieten, da sie bekanntlich

auch bei normalen Hunden vorkommen, die längere Zeit mit Fleisch gefüttert werden.

Zuckerausscheidung.

(Das Verhalten der Zuckerausscheidung in den verschiedenen Versuchsreihen ist übersichtlich zusammengestellt in Tab. VI (Hund I) und Tab. XII (Hund II).

Versuche, in denen Fleisch mit rohem Pankreas gefüttert wurde.

Meine besondere Aufmerksamkeit lenkte ich auf die Zuckerausscheidung nach Verfütterung von rohem Pankreas. Bisher war man allgemein bestrebt, durch Zufuhr von rohem Pankreas, sei es per os oder subcutan, die Zuckerausscheidung herabzudrücken. Auch bei Minkowski[1]) scheint dieser Gedanke vorgeherrscht zu haben, wenn er sagt: „Versuche, durch Zufuhr des fehlenden Fermentes die Zuckerausscheidung bei diabetischen Thieren zu vermindern, haben bis jetzt kein positives Resultat ergeben.“ Jedenfalls schreibt Minkowski der Zufuhr von rohem Pankreas keinen Einfluss auf den Zuckergehalt des Harns zu.

Vielfache Versuche an Hund II haben nun zum entgegengesetzten Resultat geführt.

Durch Zugabe von rohem Rindspankreas zum Pferdefleisch gelang es, die Zuckerausscheidung um das drei- bis vierzehnfache zu erhöhen[2]).

Freilich wich ich insofern von der Versuchanordnung ab, als ich nicht, wie Minkowski, Pankreas allein, sondern Fleisch und Pankreas verfütterte. Letzteres hielt ich aber für richtiger, denn, wie man bei diabetischen Thieren das Verhalten eines Kohlehydrates auf die Zuckerauscheidung in der Weise beurtheilt, dass man nach mehrtägiger gleichmässiger Fütterung zu derselben Nahrung in den nächsten Tagen eine bestimmte Menge des Kohlehydrates hinzufügt, so glaubte ich auch hierbei vorgehen zu müssen.

Subcutane Injectionen von Pankreasextract wurden unterlassen, weil mir dadurch das Allgemeinbefinden dieser werthvollen Versuchsobjecte zu sehr gefährdet schien.

Um dem Einwande zu begegnen, dass die Steigerung der Zuckerausscheidung nach Zulage von Pankreas schon allein bedingt sein

1) a. a. O. S. 175.

2) Fast stets gab der Harn nach Fütterung mit Fleisch und rohem Pankreas starke Indicanreaction.

könne durch eine vermehrte Aufnahme von Nährstoffen, wurde ein Versuch mit gleichen Mengen gekochtem Pankreas angestellt. Wie vorauszusehen war, trat keine Steigerung ein [1]).

Das Wesentlichste für das Zustandekommen einer solchen Steigerung kann nur bestehen in einer besseren Ausnützung der eingeführten Nährstoffe, die Abelmann [2]) und ich selbst, wie ich weiter unten zeigen werde, beobachtet haben. Eine nicht unwesentliche Rolle spielt hierbei auch der Kohlehydratgehalt (Glykogengehalt) des Fleisches, wie ich im zweiten Theil dieser Arbeit weiter erörtern werde.

Jedenfalls geht aus diesen Versuchen hervor, dass durch Verabreichung von rohem Pankreas per os nicht das zur Wirkung gelangt, was im lebenden Organismus die Umsetzung des Zuckers hervorruft.

Versuche mit Kohlehydraten.

Um den Einfluss von Kohlehydraten auf die Zuckerausscheidung richtig beurtheilen zu können, war es natürlich von grosser Wichtigkeit, zwischen den einzelnen Versuchsreihen die nöthigen Pausen zu schaffen und bei gleichmässiger Ernährung die Zucker- und N-Ausscheidung im Harn möglichst gleichmässig zu gestalten.

Das Verhalten der Zuckerausscheidung nach Eingabe von Kohlenhydraten wurde nicht nur aus der Differenz in der Zuckerausscheidung mit der Vorperiode, sondern auch nach Zugrundelegung der Zuckerbildung aus Eiweiss (D:N)[3] während der Vorperiode beurtheilt. Ich bin mir hiebei wohl bewusst, dass durch Verfütterung von Pferdefleisch die Thiere nicht nur N-haltige Nahrung erhalten, sondern dass gleichzeitig Kohlehydrate, bisweilen in nicht unbedeutender Menge, aufgenommen werden. Es kommen ferner die unter „Stoffwechsel“ gegen den Gesammt-N des Harns als umgesetzes Eiweiss geäusserten Bedenken hinzu. Gleichwohl

1) Im zweiten Theil dieser Arbeit finden sich noch verschiedene Versuche mit gekochtem Pankreas, die zu demselben Resultat führten.

2) Ueber die Ausnützung der Nahrungsstoffe nach Pankreasexstirpation. Inaug.-Dissert. Dorpat 1890.

3) Der Kürze halber sind die von Minkowski gewählten Bezeichnungen für Traubenzucker (D) und Stickstoff (N) beibehalten.

glaubte ich auch diese Berechnung für zulässig halten zu dürfen, da, wie ein Blick auf Tab. XII (Hund II) lehrt, trotz verschiedenen Fleisches die Menge des gebildeten Zuckers zu dem im Harn ausgeschiedenen Stickstoff auf der Höhe des Diabetes ein sehr constantes war.

Um Weitschweifigkeiten zu vermeiden, werde ich in Nachfolgendem die einfache Differenz mit a, die Differenz berechnet nach Zugrundelegung von D:N der Vorperiode mit b bezeichnen.

Von den Kohlehydraten wurden meistens nur mässige Mengen (20 g) verabreicht, um die gewonnenen Resultate zum Theil nicht auf eine Ueberfluthung des Organismus mit Kohlehydraten beziehen zu müssen, und um das Allgemeinbefinden der Thiere nicht zu stören.

Die Faeces jeder Versuchsreihe wurden auf Zucker geprüft. Fiel die Prüfung negativ aus, so ist in der nachfolgenden Ausführung keine weitere Notiz darüber aufgenommen.

Zur Verfütterung kamen nur chemisch reine Substanzen. Die angegebenen Mengen beziehen sich auf wasser- und aschefreie Substanz.

Versuche mit Amylum.

Der Einfluss des Amylums auf die Zuckerausscheidung wurde in zwei Versuchsreihen geprüft, von denen aber nur eine beweiskräftig ist, da während der zweiten Diarrhoe auftrat. Das Amylum wurde als Kleister und als Brod gegeben.

Nach 80 g Maizena wurden berechnet nach a 52,88 g, nach b 60,88 g Dextrose mehr ausgeschieden als an den vier vorhergehenden Fleischtagen. Im Koth liess sich nach der Methode von Sachsse kein Amylum nachweisen. Nach Minkowski würde sich hieraus folgende Berechnung ergeben: Dem Plus von 56 g Dextrose (Mittelzahl aus a und b) würde entsprechen eine Einnahme von etwa 50 g Amylum. Da der Koth kein Amylum enthielt, wären demnach etwa 30 g Amylum im Organismus verschwunden.

Während der zweiten Versuchsreihe erhielt der Hund 240 g Tafelbrödchen mit einem Amylumgehalt von 127,75 g. Es erfolgte wegen starker Diarrhoe nur eine Mehrausscheidung nach a von

24,88 g, nach b von 27,15 g Dextrose. In den Faeces wurden wieder gefunden 21,75 % Amylum [1])

Aus dem Harn liess sich kein anderes Osazon darstellen als Dextrosazon.

Versuche mit Traubenzucker.

Eingeführter Traubenzucker erschien nur zum Theil im Harn wieder. Von 60 g [2]) Traubenzucker wurden nach a 42,11 g, nach b 44,66 g mit dem Harn entleert.

Versuche mit Lävulose.

Nach Zufuhr von Lävulose wurde in allen Versuchen der Dextrosegehalt des Harns erhöht. Während bei Hund I allerdings nach 40 g Lävulose die Erhöhung nach a nur 7,16 g, nach b sogar nur 3,70 g betrug, riefen bei Hund II 80 g Lävulose nach a eine Mehrausscheidung von 48,54 g, nach b von 42,28 g Dextrose hervor. In einer weiteren Versuchsreihe an Hund II wurden nach 140 g Lävulose berechnet nach a 56,65 g, nach b 59,84 g Dextrose mehr entleert als während der Vorperiode.

Die eingegebene Lävulose ging zum Theil unzersetzt in den Harn über.

Grössere Mengen erschienen im Harn erst nach Eingabe von 60 g wieder; doch auch schon nach 20 g wurde eine auffallend grosse Menge unzersetzt mit dem Harn entleert. Ich stütze mich dabei wesentlich auf die Versuchsreihe 9. VIII. — 12. VIII. von Hund II, da die früheren Versuche an Hund I und II wegen der in der Versuchsanordnung angegebenen Fehlerquellen von Titrage und den Bestimmungen nach Soxhlet-Allihn keine absolut genauen Schlüsse zuliessen.

Hund II entleerte 5. VIII.—8. VIII. nach reiner Fleischfütterung an Traubenzucker:

1) Die Angabe der Gesammtmenge ist unmöglich, da ein Theil der Faeces verloren ging.

2) Der vierte Tag nach Traubenzuckerfütterung wurde absichtlich nicht mit in die Berechnung gezogen, da der Hund nur die Hälfte Fleisch nahm. Gleichwohl lässt sich auch hier aus b berechnen, dass nicht der gesammte eingeführte Traubenzucker ausgeschieden wurde.

	Polarimetrisch in g	Nach Soxhlet-Allihn in g	Differenz im Mittel
5. VIII.	20,66	21,60	1,20
6. "	22,66	23,21	
7. "	22,02	23,60	
8. "	22,01	23,75	

Nach Zugabe von Lävulose wurden entleert:

	Menge der eingeführten Lävulose in g	Zucker Polarimetr. in g	Zucker Nach Soxhlet-Allihn in g	Dextrose	Lävulose
9. VIII.	20	25,63	39,98 —1,20 = 38,78	33,46	5,78
10. "	20	27,52	37,32 —1,20 = 36,12	32,64	3,78
11. "	40	32,69	46,04 —1,20 = 44,84	39,95	5,34
12. "	60	23,18	48,52 —1,20 = 47,32	37,55	10,62

Versuche mit Inulin.

Nach Einfuhr von 80 g Inulin erfolgte nur eine Mehrausscheidung nach a berechnet von 11,15 g, nach b von 2,79 g Dextrose.

Der frische Koth zeigte schon makroskopisch eine auffallende, gelbgraue Farbe. Mikroskopisch liess sich an allen Versuchstagen sehr viel Inulin nachweisen.

Durch die Behandlung des Kothes mit Salzsäure wurde das Inulin invertirt und als Lävulose nach Soxhlet-Allihn bestimmt. Im Koth der gesammten Versuchstage wurden 51,23 g Lävulose gefunden. Rechnet man 10 Theile Lävulose gleich 9 Theilen Inulin, so wären demnach 46,11 g Inulin mit dem Koth wieder entleert worden.

Versuche mit Rohrzucker.

Fütterungen mit Rohrzucker hatten bei Hund I nur eine verhältnissmässig geringe Steigerung der Traubenzuckerausscheidung zur Folge. Nach 40 g Rohrzucker entleerte er nur 8,7 g Dextrose mehr als in der Vorperiode. Bei Hund II dagegen rief die gleiche Menge nach a eine Steigerung von 37,67 g, nach b von 38,36 g hervor. Rohrzucker war nicht übergegangen, wie sich aus der Vergleichung des polarimetrischen Werthes mit der Bestimmung

nach Soxhlet-Allihn und aus der Differenz zwischen den Bestimmungen nach letzterer Methode vor und nach dem Kochen mit Salzsäure ergibt. Auffallend hoch erscheint 1. VI. die Differenz zwischen Polarisation und der Bestimmung nach Soxhlet-Allihn vor dem Kochen mit Salzsäure. Es wäre demnach eher möglich, dass kleine Mengen Lävulose unzersetzt mit dem Harn entleert worden wären.

Versuche mit Raffinose.

Versuche mit Raffinose scheiterten daran, dass Diarrhöen oder wenigstens stark breiige Stühle eintraten, und der grösste Theil wieder mit den Fäces entleert wurde. In Versuch 11. IX. fand sich nach Eingabe von 20 g Raffinose eine kleine Menge Raffinose mit Sicherheit im Harn wieder. Da aber profuse Diarrhöe eingetreten war, konnte der Gehalt des Harns an Raffinose wohl auf die Verunreinigung durch den Koth zurückgeführt werden. Nach Eingabe von 80 g Raffinose (Versuchsreihe 22. IX.—25 IX.) betrug die Mehrausscheidung nach a) 4,91 g, nach b) 10,69 g. Spuren von Raffinose scheinen auch in diesen Versuchen in den Harn übergegangen zu sein.

Der Koth hinterliess am Boden des Käfigs weissliche Massen. Wurden diese abgekratzt und mit HCl gekocht, so reducirten sie Fehling'sche Lösung. Auch der Trockenkoth gab nach dem Kochen mit verdünnter HCl starke Reduction.

Die quantitative Bestimmung wurde unterlassen, da ein Theil des Kothes verloren gegangen war.

Versuche mit Milchzucker.

Bei Hund I riefen 40 g Michzucker nach a) eine Mehrausscheidung von 8,70 g, nach b) von 16,73 g Dextrose hervor. Da nach Zugabe von Milchzucker die Eiweisszersetzung beträchtlich gesunken war, dürfte letztere Zahl die richtige sein.

Hund II entleerte auf Einfuhr von 80 g Milchzucker nach a) berechnet 68,06 g, nach b) 53,09 g mehr als während der Vorperiode. Nach 1600 ccm Milch mit einem Gehalt von 67,2 g Milchzucker [1]) erfolgte bei demselben Thier nach a) eine Mehrausscheidung von 46,96 g, nach b) von 39,67 g.

1) Vergl. Analysen der Nahrung, Tab. XIII.

Milchzucker war wahrscheinlich nicht in den Harn übergegangen, da sich aus dem Harn nur Dextrosazon darstellen liess.

Beide Versuchsreihen mit Milchzucker an Hund II ergeben demnach, dass mehr Dextrose zur Ausscheidung gelangte, als aus dem eingegebenen Milchzucker nach der Spaltung hervorgehen konnte.

Versuche mit Galaktose.

Das Resultat der mit Milchzucker angestellten Versuchsreihen (Hund II) liess schon vermuthen, dass auch das zweite Spaltungsproduct des Milchzuckers, die Galaktose, den Traubenzuckergehalt des Harns erhöht haben musste. Eine mit reiner Galaktose angestellte Versuchsreihe bestätigte die von Fr. Voit[1]) bereits bei einem Diabetiker gemachte Beobachtung. Nach 60 g Galaktose wurden nach a) 57,56 g, nach b) 57,02 g mehr ausgeschieden als während der Vorperiode. Aus der Vergleichung zwischen dem polarimetrischen Werth und der Bestimmung nach Soxhlet-Allihn ergibt sich allerdings, dass eine kleine Menge Galaktose in den Harn übergegangen war. Es gelang auch aus dem Harn neben Dextrosazon durch Trennung mit heissem Wasser ein zweites Osazon darzustellen, dessen Schmelzpunkt mit dem aus reinster Galaktose dargestellten Osazon zusammenfiel. Gleichwohl war die beträchtliche Erhöhung des polarimetrischen Werthes fast ausschliesslich auf Dextrose zu beziehen.

Versuche mit Maltose.

Bei Hund II riefen 80 g Maltose nach a) eine Mehrausscheidung von 67,26 g, nach b) von 64,62 g hervor. Ein Uebergang von Maltose in den Harn konnte weder aus einem Vergleich der polarimetrisch und der nach dem Soxhlet-Allihn'schen Verfahren erhaltenen Resultate noch aus dem Vergleich der Resultate vor und nach dem Kochen mit HCl ermittelt werden. Ferner liess sich aus dem Harn nur Dextrosazon darstellen.

Versuche mit Glycerin.

Zieht man die einfache Differenz in der Zuckerausscheidung, so bekommt man bei Hund I sogar ein Minus, bei Hund II würde

---

1) Ueber das Verhalten der Galaktose beim Diabetiker. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29, 1892.

sich nach Eingabe von 80 g Glycerin nur ein Plus von etwa 7 g Dextrose ergeben. Wesentlich anders gestaltet sich aber das Ergebniss, wenn man die Eiweisszersetzung in's Auge fasst. In beiden Fällen wurde durch Darreichung von Glycerin die Eiweisszersetzung herabgedrückt. Legt man die Bildung von Zucker aus Eiweiss während der Vorperiode zu Grunde, so ergibt sich bei Hund I ein Plus von 4 g, bei Hund II von etwa 20 g. Diese letzte Zahl dürfte es wenigstens wahrscheinlich machen, dass auch durch Glycerin die Dextroseausfuhr des Harns gesteigert wird.

Versuche mit Gummi arabicum.

Die Versuche fielen zweifelhaft aus, wenn man die einfache Differenz zieht, sie ergaben ein negatives Resultat, wenn man die Eiweisszersetzung während der Vorperiode zu Grunde legt.

Resorption von Eiweiss und Fett. Stickstoffumsatz.

Wer Hunde beobachtet hat, die nach Pankreasexstirpation diabetisch geworden sind, wird von den Schwierigkeiten einer solchen Untersuchung überzeugt sein. Die Thiere sind wegen der grossen Kothmengen, die sie entleeren, meist sehr unreinlich. Schon die quantitative Sammlung des Kothes ist daher nicht immer leicht durchzuführen. Bei weitem grössere Fehler können aber dadurch entstehen, dass die Thiere, wie es nicht selten vorkommt, ihren Koth fressen. Da die Fäces grosse Mengen unverdauter Nahrung enthalten, musste, wenn der Koth noch einmal den Verdauungsapparat passirte, die Ausnützung natürlich besser werden. Es hätten so in der Resorption beträchtliche Fehler unterlaufen müssen. Um dem vorzubeugen, erhielt Hund II, bei dem oft beobachtet war, dass er seine Fäces frass, während der ganzen Versuchsdauer einen Maulkorb mit durchlöcherter Lederkappe, die so geräumig eingerichtet war, dass das Thier bei etwa auftretendem Erbrechen vor dem Ersticken geschützt blieb.

Grosse Schwierigkeiten bot ferner am hiesigen Orte die Beschaffung eines gleichmässig guten Pferdefleisches. Mittelwerthe für den N- und Fettgehalt anzunehmen, erwies sich daher völlig unmöglich. Obgleich sich dadurch die Zahl der Analysen beträchtlich häufte, wurde doch in dem Pferdefleisch, das Hund II erhielt,

jedesmal der N- und Fettgehalt bestimmt, was bei Hund I nicht stattgefunden hatte. Ich nehme deshalb bei der Besprechung der Resorption wie des Stickstoffumsatzes im Wesentlichen nur Rücksicht auf Hund II, während ich bei Hund I wesentlich, um die schlechte Ausnützung zu zeigen, den N- und Fettverlust durch den Koth an den reinen Fleischtagen gegenüber gestellt habe den Werthen zweier normaler, etwa gleich schwerer Hunde, die mit gleichen Fleischmengen gefüttert wurden. (Tab. VII Hund I.)

Die Ausnutzung von Eiweiss und Fett, sowie den N-Umsatz von Hund II ergibt Tab. XIII.

Was zunächst die Resorption des Eiweisses (Hund II) betrifft, so muss man natürlich die reinen Fleischtage von denjenigen trennen, an denen zum Fleisch Kohlehydrate, Fett etc. hinzugefügt wurden. Ueberblickt man in Tab. XIII den N-Verlust mit dem Koth an den reinen Fleischtagen, so findet man wieder Unterschiede nach Fütterung mit 1000 g und 500 g Fleisch. Nach Fütterung mit 1000 g Pferdefleisch beträgt im Mittel der Verlust an N etwa 38 %, nach Fütterung mit 500 g zu der Zeit, als das Thier noch kräftig war, im Mittel etwa 30 %, beim Nachlassen der Kräfte und kurz vor dem Tode 38—45 %. Auf völlige Genauigkeit können natürlich auch diese Zahlen keinen Anspruch machen, da sehr oft die Resorption an den einfachen Fleischtagen durch die voraufgegangenen eigentlichen Versuchstage beeinträchtigt wurde. Abelmann[1]) fand bei Hunden nach Totalexstirpation des Pankreas im Mittel einen N-Verlust von 56 %, nach partieller Exstirpation, wenn noch ein kleines Stück der Drüse erhalten war, im Mittel einen N-Verlust von 46 %. Vergleicht man diese Zahlen mit den bei Hund II erhaltenen, so findet man, wenn der Magen des Thieres nicht zu stark mit Fleisch überladen wurde, den N-Verlust noch 8 bis 16 % niedriger als bei den partiell exstirpirten, nicht diabetischen, Hunden Abelmann's.

Es geht hieraus hervor, dass die Eiweisskörper von Hunden, denen vor langer Zeit das Pankreas partiell exstirpirt ist, besser ausgenutzt werden als von solchen, welche die Operation erst kurze Zeit überstanden haben.

---

1) a. a. O.

Durch Zulage von Kohlehydraten zur Nahrung wurde die Ausnutzung der Eiweisskörper in verschiedener Weise beeinflusst. Eine nicht unbeträchtliche Herabsetzung der Eiweissausnutzung trat nach Zulage von Stärke ein. Der Verlust betrug 47 %; es war die schlechteste Ausnutzung, die überhaupt während der ganzen Versuchsdauer beobachtet wurde, noch etwas schlechter als kurz vor dem Tode. Verschlechtert wurde die Resorption ferner durch Trauben- und Rohrzucker. Ein auffallend niedriger Resorptionsverlust, der niedrigste in der ganzen Versuchszeit (16,5 %), findet sich nach Zugabe von Milchzucker.

Zusatz von Fett in nicht emulgirter Form hatte selbst in Mengen bis zu 60 g pro die keinen merklichen Einfluss auf die Eiweissausnutzung. (Hund II Tab. XIII, 23. VII.—26. VII.)

Durch Zufügung von rohem Pankreas zum Fleisch wurde die Resorption der Eiweisskörper beträchtlich erhöht; wurde genügend Pankreas hinzugefügt, so unterschied sich die Resorption nicht wesentlich von der normaler Hunde. Auch nach dieser Richtung würden meine Resultate viel günstiger sein als die Abelmann's, der bei seinen partiell exstirpirten, nicht diabetischen Hunden, die mit Fleisch und rohem Pankreas gefüttert wurden, immer noch einen Verlust von 22 % bis 26 % N zu verzeichnen hatte.

Zur Erklärung dieser Differenzen dürfte es vielleicht nicht überflüssig sein, an dieser Stelle nochmals hervorzuheben, dass meine Versuchsthiere nur Fleisch und Pankreas erhielten, das zuvor in der Hackmaschine zerkleinert und innig mit einander vermischt war. In welcher Form Abelmann seinen Versuchsthieren das Fleisch resp. Fleisch und Pankreas gegeben hat, ist aus seinen Mittheilungen nicht zu ersehen.

Mustert man bei Hund II den N-Gehalt des Harns an den Tagen mit gleichmässiger Ernährung, so findet man allerdings, dass die N-Ausscheidung nicht so gleichmässig verlaufen ist, wie man sie bei normalen Hunden zu finden pflegt. Hierbei ist aber zu bedenken, dass es sich um ein Thier handelt, an dem fortlaufend Versuche angestellt wurden, die einen mehr oder weniger grossen Einfluss auch auf die Tage mit einfacher Fleischfütterung ausüben mussten.

Es war mir vor Allem von Interesse, der Frage näher zu treten, ob der gesammte N des Harns wirklich von zersetztem Eiweiss herrühren könne.

Minkowski[1]) sagt hierüber: „Es ist nicht unwahrscheinlich, dass nach dem Ausbleiben der Einwirkung des Pankreassaftes auf die Albuminate der Nahrung abnorme Zersetzungen derselben innerhalb des Darmkanals Platz greifen, die zur Entstehung von solchen Zerfallsproducten führen können, welche die normalen Verdauungsproducte vollwerthig zu ersetzen nicht mehr im Stande sind. Werden solche Substanzen resorbirt, so kann ihr Stickstoff doch immer nur als Harnstoff im Harn erscheinen; denn selbst der in Form von Ammoniak eingeführte Stickstoff wird im Organismus in Harnstoff umgewandelt.“

Ein Blick auf Tabelle XII, in der die von Hund II in den einzelnen Versuchsreihen ausgeschiedenen N- und Zuckermengen vereinigt und in Beziehung zu einander gesetzt sind, lehrt, dass zur Zeit, als der Diabetes auf der Höhe stand, das Verhältniss des ausgeschiedenen Zuckers zum N des Harns ein sehr constantes ist.

Dieselbe Beobachtung machte Minkowski an pankreaslosen Hunden, die mit Fleisch gefüttert wurden. Das Verhältniss von Zucker zu Stickstoff war dasselbe, wie bei hungernden pankreaslosen Hunden.

Diese Thatsachen scheinen mir nicht unwesentlich gegen die Ausführungen Minkowski's zu sprechen. Rührte nicht der ganze N des Harns von zersetztem Eiweiss her, so hätte sich das Verhältniss von Zucker zu Stickstoff bei pankreaslosen Hunden, die mit Fleisch gefüttert wurden, ändern müssen.

Ich halte daher die Frage, ob auch nach reiner Fütterung mit gutem Fleisch sich abnorme Zersetzungsprozesse im Darmkanal beim Fehlen des Pankreassaftes entwickeln, noch nicht für entschieden. Dazu dürften erst noch länger dauernde Versuchsreihen mit reiner Fleischfütterung an diabetischen Hunden erforderlich sein, die längere Zeit die Operation überstanden haben.

Die Berechnung des N-Umsatzes ergibt bei Hund II, mag nun der N des Harns vollständig von zersetztem Eiweiss oder zum Theil

1) a. a. O.

von Zersetzungsproducten herrühren, jedenfalls die auffallende Thatsache, dass trotz fast beständiger Abnahme des Körpergewichts in den einzelnen Versuchsreihen fast stets N-Gleichgewicht vorhanden war, ja in vielen Fällen noch weniger N ausgeschieden wurde, als der Nahrungsaufnahme entsprach.

Worauf dieser ständige Gewichtsverlust zurückzuführen ist, lässt sich nicht ohne Weiteres sagen, da der respiratorische Stoffwechsel nicht bestimmt wurde. Zum Theil kann er wenigstens durch den beträchtlichen Schwund des Körperfettes erklärt werden (vergl. Sektion).

Das Verhalten der Fettresorption verdient bei diesem Thiere besondere Beachtung. Nach Abelmann gelangen bei pankreaslosen Hunden nicht emulgirte Fette überhaupt nicht zur Resorption, während emulgirtes Fett, in nicht zu grossen Mengen gegeben, bis zu 53 % resorbirt wird. Nach partieller Exstirpation wird nach Abelmann auch nicht emulgirtes Fett zum Theil resorbirt (der niedrigste Werth 31,5 %), emulgirtes Fett bis zu 80 %.

Während bei Hund II im Beginn der Versuche gleich in der ersten Versuchsreihe von nicht emulgirtem Fett gar nichts resorbirt wurde, traten später beträchtliche Schwankungen in der Resorption auf[1]). Es wechseln Tage, an denen nichts resorbirt wurde, mit Tagen, an denen 30 % und sogar bis 78 % (9. VI.—12. VI.) des eingegebenen Fettes zur Resorption gelangten. Besonders auffällig erscheint es, dass auch in den beiden Versuchsreihen[2]), in denen die Anforderungen an die resorbirenden Organe durch Zulage von Butter zum Fleisch noch erhöht waren, doch etwa 30 % bis 45 % des eingeführten Fettes resorbirt wurden.

In einer Versuchsreihe, in der emulgirtes Fett in Form von Milch verabreicht wurde, gelangten etwa 42 % zur Resorption, ein

1) In manchen Fällen fand sich in den Fäces eine Mehrausscheidung an Fett, die wohl nicht allein durch das von der Darmwand producirte Fett erklärt werden kann, wie es Abelmann für wahrscheinlich hält. Ich glaube hervorheben zu müssen, dass hierfür ausserdem die Ungenauigkeit der Fettbestimmungen anzuschuldigen ist.

2) Leider kann die Versuchsreihe 13. X.—18. X. nicht verwerthet werden, da sich das Thier in der Nacht vor dem Tode mit Koth verunreinigt hatte, wodurch die quantitative Sammlung der Fäces unmöglich wurde.

Befund, der mit denen Abelmann's an pankreaslosen Hunden übereinstimmen würde.

Nach Zulage von rohem Pankreas zum Fleisch resp. zu Fleisch und Butter wurde der bei weitem grösste Theil des Fettes resorbirt[1]. In der Versuchsreihe 30. VIII. bis 1. IX., in der zu 500 g Pferdefleisch 100 g rohes Pankreas hinzugefügt wurden, dürfte die Ausnützung nicht wesentlich hinter der normaler Thiere zurückgeblieben sein.

Aceton und Acetessigsäure.

Ganz besonders lenkte ich bei diesen Thieren meine Aufmerksamkeit auf den Nachweis von Aceton und Acetessigsäure, da es mir in meinen früher mitgetheilten Beobachtungen nicht gelungen war, diese Substanzen nachzuweisen. Wie aus den Tabellen ersichtlich, konnte bei Hund I Acetessigsäure überhaupt nicht nachgewiesen werden, bei Hund II trat die Eisenchloridreaktion zwei Mal (31. VIII. u. 1. IX.) in Spuren auf zur Zeit, als zum Fleisch rohes Pankreas zugelegt war. Aceton, worauf stets nach Legal und sehr oft nach Lieben untersucht wurde, fand sich frühzeitig schon in Spuren, bereits vor dem Eintritt des Diabetes. Während des Diabetes nahm auch diese Reaction im Allgemeinen nicht zu. Nur in seltenen Fällen konnte die Reaction als schwach bezeichnet werden. Eine solche Zunahme der Acetonreaction wurde bei Hund II meistens dann beobachtet, wenn zum Fleisch rohes Pankreas hinzugefügt war. Für den Nachweis der β-Oxybuttersäure in Form von α-Crotonsäure wurde der Harn zunächst vergohren und seine Drehung bestimmt. Manche Harne zeigten darnach eine Drehung von —0,1 bis —0,2 auf Traubenzucker bezogen; in der Mehrzahl der Fälle war der Harn optisch inactiv. Für die Destillation mit H_2SO_4 wurden stets 1000 bis 1500 ccm Harn eingedampft, da es sich, nach dem qualitativen Nachweis zu urtheilen, nur um Spuren handeln konnte. Es gelang nicht ein einziges Mal, Krystalle mit einem Schmelzpunkt von 72° zu erhalten.

1) In der Versuchsreihe 16. VIII. — 18. VIII. gingen trotz Zufügung von Pankreas 44% Fett verloren. Zur Zeit, als die Versuche angestellt wurden, war es sehr heiss. Es wäre daher möglich, dass das Ferment durch eingetretene Bakterienentwicklung bereits geschädigt war.

Ammoniak.

Die Ammoniakausscheidung in 24 Stunden beträgt bei Hund II im Mittel nach Fütterung mit 500 g Pferdefleisch etwa 0,8 g, mit 1000 g Pferdefleisch etwa 1,3 g[1]). Wurden zum Fleisch 50—100 g Pankreas hinzugefügt, so erreichte die Ammoniakausscheidung etwa dieselbe Höhe wie nach Fütterung mit 1000 g Pferdefleisch. Grössere Schwankungen in der 24-stündigen Ammoniakmenge traten ein bei Diarrhöen, Erbrechen und in den letzten Wochen vor dem Tode.

Zieht man in Erwägung, dass von 1000 g Pferdefleisch etwa 400 g, von 500 g Pferdefleisch etwa 150 g mit dem Koth zu Verlust gingen, so muss man die Ammoniakausscheidung als hoch bezeichnen.

Auch bei Hund I war während der ganzen Versuchszeit der Ammoniakgehalt des Harns bestimmt worden. Die Werthe sind aber in den Tabellen nicht aufgeführt, da sie in dem alkalisch reagirenden Harn offenbar viel zu hoch ausgefallen waren.

Section.

Hund I. Endgewicht: 6820 g.

Thier bis zum Skelet abgemagert. Keine Spur von subcutanem Fett. Bulbi tief zurückgesunken. Cutis und Conjunctivae von gelber Farbe.

Bauchwunde vernarbt bis auf eine kleine granulirende Fläche im oberen Theil der Wunde. Beim Aufschneiden der Bauchdecken finden sich zu beiden Seiten der obersten Naht zwei haselnussgrosse, alte, abgekapselte Eiterherde. Das Peritoneum erweist sich intact. Die Darmschlingen sind in ausgedehntem Maasse mit einander verklebt. An verschiedenen Stellen finden sich haselnussgrosse Knoten von derber Consistenz, die auf dem Durchschnitt ein graurothes marmorirtes Aussehen zeigen und nach dem Centrum zu linsen- bis erbsengrosse, gelbe, bröckelige Massen enthalten. Die Lymphdrüsen zeigen theilweise normale Consistenz, theilweise sind sie umgewandelt in eine gelbe durchscheinend gallertige Masse.

Der Pankreasrest wurde zunächst nicht gefunden.

Auf der convexen Seite des Duodenums gegenüber der Einmündungsstelle des Gallenganges in's Duodenum fand sich ein wallnussgrosser, derber Knoten von der vorhin beschriebenen Beschaffenheit. Nach Eröffnung des Duodenums erweist sich die Schleimhaut

1) Vgl. hierzu in meiner früheren Arbeit a. a. O. die Angaben Coranda's.

gallig gefärbt. Aus der mässig gefüllten Gallenblase fliesst auf gelinden Druck sofort hellgelb gefärbte Galle aus der Papille.

Magen und Darmschleimhaut erweisen sich intact.

Leber 202 g schwer, von tiefbrauner Farbe. Keine Anzeichen von Verfettung.

Milz 7 g schwer. Kapsel an einigen Stellen verdickt. Follikel undeutlich, Trabekel stark hervortretend.

Nieren. R. 45,4 g, l. 43 g schwer. Kapseln leicht abziehbar. Rinde von gelbgrüner Farbe. Keine Anzeichen von Verfettung. Im Nierenbecken, gelbe, durchscheinend gallertige Massen.

Zu beiden Seiten der Wirbelsäule kleinere und grössere Partikelchen von gelber Farbe und gallertiger Beschaffenheit.

Herz 51 g schwer, Herzfleisch von mattrother Farbe. Auch die Papillarmuskeln ohne Anzeichen von Verfettung. Klappen und Endokard intact. Auf der Grenze von rechtem Vorhof und Ventrikel gelblich durchscheinende, gallertige Substanz.

Intima von Aorta und Pulmonalis intact.

Lungen lufthaltig.

Schleimhaut von Maul und Rachen gelb gefärbt.

Zungengrund auf Durchschnitten von gallertiger Beschaffenheit.

Blasenschleimhaut blassgelb, ohne endzündliche Erscheinungen.

Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten von mattrother, an Kalbfleisch erinnernder Farbe. Fettige Veränderungen nirgends wahrnehmbar.

In der Umgebung der Gelenke, namentlich des Hüftgelenks, an der Oberfläche der Rückenmarkshäute und an der Innenfläche des Wirbelkanals kleinere und grössere Klümpchen von gelber, gallertiger Beschaffenheit.

Gehirn und Rückenmark auf Querschnitten ohne Veränderungen.

Corneae und Linsen intact; statt des orbitalen Fettgewebes gelblich durchscheinende, gallertige Massen.

Hund II. Endgewicht: 2570 g.

Wie bei Hund I totaler Schwund des subcutanen Fettes. Thier bis zum Skelet abgemagert. Bulbi tief zurückgesunken. Schneidezähne im Ober- und Unterkiefer stark gelockert.

Bauchwunde glatt vernarbt. Die Bauchdecken ausserordentlich dünn. Peritoneum glänzend ohneAuflagerungen. Darmschlingen an keiner Stelle verklebt. Nur der rechte Leberlappen ist mit dem Zwerchfell leicht verwachsen. Es fanden sich keine Knoten wie bei Hund I.

Der Rest des zurückgelassenen Stückes vom Pankreas findet sich an der Rückseite des Magens, etwa in der Mitte zwischen Pylorus und Cardia, derb mit dem Magen verwachsen. Nach vorsichtigem Abpräpariren erweist sich der Rest 2,5 cm lang, 0,5—1 cm breit und 0,3558 g schwer. Die Consistenz ist derb und fest und lässt kein Drüsengewebe mehr vermuthen.

Ausserdem fand sich aber noch am untersten Theil des Duodenums, etwa an der Stelle, wo die Portio duodenalis in das freie Ende übergeht, ein kleines, etwa erbsengrosses Partikelchen von 0,0871 g Gewicht. Dasselbe fühlte sich weich an und zeigte deutliche Läppchenzeichnung.

Im übrigen ergab die Section mit geringen Abweichungen dasselbe, wie bei Hund I, namentlich auch die gallertigen Massen an allen bei Hund I angeführten Stellen. Ich gebe daher in folgendem vorwiegend die Gewichte und Grösse der Organe.

Leber 118,5 g schwer, 12 cm breit. Ohne Anzeichen von Verfettung. Gallenblase mässig gefüllt. Gallengang auffallend weit. Auf gelinden Druck entleert sich sofort Galle.

Nieren: R. 4,5 cm lang, 2,5 cm breit, 19 g schwer. L. 4,6 cm lang, 2,8 cm breit, 19 g schwer.

An der Grenze von Rinde und Mark matte, grauweisse Streifen wie in der normalen Hundeniere.

Milz: 7,5 cm lang, 1,5 cm breit, 3 g schwer. Follikel klein, Trabekel stark hervortretend.

Herz: 35,5 g schwer. Gehirn: 62 g schwer.

Mikroskopischer Befund.

a) Untersuchung frischer Organe.

Leber: Hund I. Protoplasma grob granulirt, Kerne gut erhalten. In manchen Zellen grosse gelbe Pigmentklumpen. Nur

sehr wenig Zellen enthalten kleinste Fetttropfen in nur geringer Zahl.

Hund II. Die Zellen erscheinen kleiner als normal. Das Protoplasma ist grob granulirt, der Kern ist erhalten.

Auf Zusatz von Jodjodkaliumlösung tritt weder bei Hund I noch bei Hund II Glykogenreaction ein.

Nieren: Hund I. Keine Spur von Fett zu finden.

Hund II. Die geraden Canälchen zwischen Rinde und Mark zeigen den Fettgehalt normaler Hundenieren.

Herz: Hund I. Keine Anzeichen von Verfettung. Deutliche Querstreifung, Kerne gut erhalten.

Hund II. In vielen Fasern liegen in der Längsrichtung der Kerne feinste, stark glänzende, auf Zusatz von Essigsäure nicht verschwindende Tropfen.

Körpermuskeln: Bei Hund I und II in den, verschiedensten Regionen entnommenen, Muskelstückchen keine Spur von Verfettung. Querstreifung und Kerne gut erhalten. Bei Hund I scheint die Zahl der schmalen Fasern vermehrt zu sein.

Gallerte: Sie besteht in ihrem Grundgewebe aus feinsten, stark verfilzten Fäserchen, die an manchen Stellen von Zügen welligen, dickfaserigen Bindegewebes durchsetzt sind. Zahlreiche Capillaren, zwischen denen vielfach spindel- und sternförmige Zellen liegen, durchziehen das Gewebe. In der Umgebung der Capillaren finden sich ferner oft grosse runde Zellen, die zum Theil mit groben, mattglänzenden Körnern erfüllt sind. An Fettzellen erinnernde Gebilde sind kaum noch zu finden.

b) Untersuchung gehärteter Organe.

Pankreasrest.

Hund I. Der Rest wurde erst erkannt, als der an der Convexität des Duodenums haftende Knoten nach Härtung in absolutem Alkohol für die mikroskopische Untersuchung weiter in senkrecht verlaufende Schnitte zerlegt wurde. Der Pankreasrest lag dicht unterhalb des Knotens. Seine Länge beträgt nach der Härtung 1,5 cm, seine Breite 0,5 cm.

Auf Schnitten in der Längsrichtung des Duodenums erscheint der Rest durch einen Streifen zellenreichen Bindegewebes vom

Duodenum getrennt. Das eigentliche Drüsengewebe ist auf einige kleine Drüseninseln beschränkt. Zwischen den Drüsenschläuchen ist an den verschiedenen Stellen eine mehr oder weniger starke, kleinzellige Infiltration und Hypertrophie des Bindegewebes nachweisbar. Die Drüsenschläuche sind schmal, die Zellen klein. Die Kerne in den Zellen sind vielfach noch gut erhalten. Von manchen Drüseninseln finden sich nur noch spärliche Schläuche, während die Umgebung durch dichtgedrängtes, kleinzelliges Infiltrat ersetzt ist.

Hund II. Beide Stückchen werden in absolutem Alkohol gehärtet.

Der am Magen gefundene Rest enthält keine Spur von Drüsengewebe mehr. Das Ganze besteht aus grobfaserigem, kernreichem Bindegewebe, an einigen Stellen mit Anhäufung von Rundzellen. In manchen Schnitten begegnet man in der Mitte, wie in der Peripherie kleinen Lagern von Fettzellen. Die oberflächlicheren Schnitte enthalten vielfach Nester schön ausgebildeter Ganglienzellen.

Das am Duodenum gefundene Partikelchen besteht zum grössten Theil aus nur wenig verändertem Drüsengewebe. An manchen Stellen macht sich allerdings eine geringe Hypertrophie des Bindegewebes und Kernwucherung bemerkbar, die Zellen sind etwas kleiner als normal, die Kerne sind gut erhalten.

Nieren.

Präparate von Stückchen, die in Marchi'scher Lösung gehärtet wurden, bestätigen das Resultat der frischen Untersuchung hinsichtlich des Fettgehaltes. Bei Hund I findet sich keine Spur von Fett, bei Hund II ist der Fettgehalt gleich dem der normalen Hundeniere. (Die gewundenen Kanälchen ohne Fett.)

Nach Härtung in absolutem Alkohol erscheinen bei Hund I die Lumina der Kanälchen, namentlich der gewundenen, auffallend weit. Die Kerne färben sich mit verschiedenen Farbstoffen gut auf dem ganzen Schnitt. Die Grösse der Kerne in vielen gewundenen Kanälchen erscheint auffallend different. Wenige gerade Kanälchen enthalten spärlich hyaline Cylinder.

Bei Hund II im Wesentlichen derselbe Befund, nur die Lumina erscheinen nicht erweitert, die Kerne der gewundenen Kanälchen zeigen keine auffallenden Grössendifferenzen. Die geraden Kanälchen enthalten ebenfalls hyaline Cylinder.

Glykogen ist in beiden Nieren mit Jodgummilösung nicht nachweisbar.

Präparate von Muskelstückchen, die mit Marchi'scher Lösung behandelt wurden, bestätigen bei beiden Thieren das Resultat der frischen Untersuchung.

An Magen und Därmen beider Thiere waren, soweit sich das an Alkoholpräparaten beurtheilen lässt, keine besonderen Veränderungen wahrzunehmen.

Rückenmark und Gehirn beider Thiere, untersucht nach Marchi und Pal, erwiesen sich intact.

Chemischer Befund.

Glykogengehalt der Leber.

100 g Leber, die Hund I kurze Zeit nach der Tödtung entnommen wurden, lieferten an Glykogen 0,089 g.

In der Leber von Hund II fanden sich nicht wägbare Spuren.

Fettgehalt von Leber und Muskeln.

Hund I. In 100 g Leber 2,361 g Fett, in 100 g Oberschenkelmuskulatur 0,539 g Fett, in 100 g Nackenmuskulatur 0,425 g Fett.

Hund II. In 100 g Leber 3,019 g Fett, in 100 g Muskeln (Muskeln vom Vorder- und Hinterbein vereinigt) 0,673 g.

Form des Diabetes.

Wir haben bei beiden Thieren offenbar verschiedene Stadien des Diabetes vor uns. Bei Hund I stellte sich bereits kurze Zeit nach der Operation ein Diabetes leichtester Form ein, der nach 3 Monaten an Intensität zunahm und nach weiteren 4 Wochen in eine schwerere Form des Diabetes überging, welcher der Hund etwa 2 Monate später erlag. Auf der Höhe des Diabetes wurden im Mittel etwa 40 g Zucker entleert. Das Verhältniss von Zucker zu Stickstoff (berechnet aus dem polarimetrischen Werth) war etwa 2:1.

Bei Hund II wurden die ersten minimalen Zuckermengen etwa 7 Wochen nach der Operation gefunden. Bis zu 11 Monate nach der Operation war keine wesentliche Aenderung hinsichtlich der Zuckerausscheidung, selbst nach Zufuhr von Brod, zu bemerken. Erst nach 12 Monaten trat nach Fütterung mit Pferdefleisch eine Steigerung in der Zuckerausscheidung auf und die Tage, an denen

Zucker entleert wurde, mehrten sich. Aber erst etwa 13½ Monate nach der Operation (11. II. 1893) wurde der Diabetes dauernd. Annähernd 3 Monate wurden nach reiner Fleischfütterung nur geringe Zuckermengen entleert. Darauf (4. V. 93) stieg die Zuckerausscheidung merklich an. Auf der Höhe des Diabetes wurden nach 1000 g Pferdefleisch etwa 40 g Zucker, nach 500 g Pferdefleisch etwa 25 g entleert. Dabei verhielt sich im allgemeinen Zucker zu Stickstoff etwa wie 2 : 1. Nur während kurzer Zeit (6. IX. bis 10. IX., Glykogengehalt der Pferdefleisches 3,08%) wurde dies Verhältniss wesentlich überschritten. Es betrug 2,5 bis 3,1 : 1.

Zusammengefasst würden die Resultate dieses Theiles der Untersuchung folgende sein:

I. Nach Exstirpation des Pankreas auf etwa ⅑ oder ⅕, und zwar bis auf Stücke, die nicht mehr mit dem Darm zusammenhängen, entwickelt sich mit der Zeit ein Diabetes mellitus leichter, später schwererer Form, der bis zum Tode der Thiere anhält.

II. Eiterungen, die nach den bisherigen Methoden fast stets auftreten, können nach dem hier befolgten Verfahren umgangen werden. Trotz der Entwickelung eines Diabetes schwererer Form gelingt es bei diesem Operationsverfahren, die Thiere weiter länger am Leben zu erhalten, ein Moment, das für die weitere experimentelle Verwerthung nicht zu unterschätzen sein dürfte.

III. Die Eiweisskörper werden von einem Hund, der nach der angegebenen Methode diabetisch geworden ist, ausgenutzt zwischen 62 und 70%. Abelmann fand bei Hunden kurze Zeit nach totaler Exstirpation des Pankreas eine Auswerthung im Mittel von 44%, nach partieller Exstirpation im Mittel von 54%. Demnach würde die Resorption der Eiweisskörper bei meinem Versuchshund noch um 8 bis 16% besser sein, als bei den partiell exstirpirten, nicht diabetischen Hunden Abelmann's.

IV. Die Auswerthung der nicht emulgirten, sowohl im Fleisch enthaltenen, wie besonders eingeführten Fette unterliegt während des Diabetes grossen Schwankungen. Zuweilen wird gar kein Fett resorbirt, zuweilen beträgt die Resorption 30, ja sogar bis 78%. Die in emulgirter Form eingeführten Fette (Milch pro die 400 ccm) wurden resorbirt bis zu 42%.

V. Durch Zulage von rohem Rindspankreas zur Nahrung wird die Auswerthung der Eiweisskörper und der sowohl im Fleisch enthaltenen, als auch besonders eingeführten Fette (Butter) beträchtlich verbessert.

VI. Die Zuckerausscheidung gestaltete sich bei gleichmässiger Fleischfütterung folgendermaassen:

1. Durch Zulage von rohem Rindspankreas wurde die Zuckerausscheidung um das 3- bis 14-fache erhöht.
2. Durch Zugabe von Kohlehydraten, die per os eingeführt wurden, ergab sich Folgendes:
   a) Amylum in verkleisterter Form erhöhte die Dextroseausscheidung. Während der leichten Form des Diabetes konnte nach Eingabe kleiner Mengen verkleisterten Amylums (pro die 20 g) nichts im Koth nachgewiesen werden.
   b) Maltose erzeugt eine beträchtliche Steigerung der Zuckerausscheidung. Von 80 g Maltose erschienen im Mittel etwa 66 g als Dextrose im Harn wieder. Maltose als solche war nicht nachzuweisen.
   c) Traubenzucker erschien nur zum Theil als solcher im Harn wieder.
   d) Lävulose steigerte die Traubenzuckerausscheidung. Die Lävulose ging, namentlich nach grösseren Gaben, zum Theil in den Harn über.
   e) Inulin rief nur eine geringe Steigerung der Traubenzuckerausscheidung hervor. Von dem eingeführten Inulin wurde etwas mehr als die Hälfte im Koth wiedergefunden.
   f) Rohrzucker erschien im Harn als Traubenzucker. Nach Einfuhr von 40 g entleerte Hund I etwa 9 g, Hund II etwa 37 g Dextrose mehr als an beiden vorhergehenden Fleischtagen.
   g) Raffinose erhöhte die Traubenzuckerausscheidung nur unwesentlich. Kleine Mengen Raffinose waren in den Harn übergegangen. Ein grosser Theil wurde mit den Faeces entleert.
   h) Milchzucker steigerte die Dextroseausfuhr. Hund I entleerte nach 40 g etwa 16 g, Hund II nach 80 g etwa 61 g, nach 67 g etwa 43 g Dextrose mehr als während der Vorperiode. Laktosazon liess sich aus dem Harn nicht darstellen.

i) Galaktose ging zum geringen Theil in den Harn über. Der grösste Theil erschien als Dextrose wieder. 60 g Galaktose steigerten die Dextroseausfuhr um etwa 57 g gegenüber den vorhergehenden Fleischtagen.

3. Glycerin ergab keine absolut sichere Steigerung der Dextroseausfuhr, noch weniger Gummi arabicum.

VII. Bei Hund II ergab sich aus der N-Bilanz die auffallende Thatsache, dass trotz fast ständiger Abnahme des Körpergewichtes das Thier sich meistens in den einzelnen Versuchsreihen im N-Gleichgewicht befand, ja dass sogar in vielen Fällen weniger N ausgeschieden als aufgenommen wurde.

VIII. Nach Totalexstirpation des Pankreas in einer Sitzung fanden v. Mering und Minkowski bei der Section eine starke Verfettung der Leber. Ich konnte diesen Befund bestätigen, fand aber gleichzeitig ebenso constant eine starke Verfettung der Nieren und quergestreiften Muskeln. Werden Hunde auf die angegebene Weise diabetisch gemacht, so fehlen Verfettungen der Organe vollständig. Es scheinen demnach die nach Totalexstirpation auftretenden Organveränderungen im Wesentlichen auf die fast stets vorkommenden Eiterungen zurückgeführt werden zu müssen.

Hund I. Tabelle VI.

Versuchsdauer	Gesammtnahrung in g	Gesammtzuckermenge in g	Differenz in der Zuckerausscheidung in g	Gesammtstickstoff des Harns in g	D:N	Differenz in der Zuckerausscheidung ermittelt durch Multiplication von D:N der Vorperiode mit dem N-Gehalt der Versuchstage
1892						
19. IX. bis 20. IX.	2000 Rindfleisch	73,94		38,68	1,91	
21. IX. bis 22. IX.	1000 Pferdefleisch	45,18	−28,76	22,93	1,97	−30,14
24. IX. bis 25. IX.	2000 Pferdefleisch	87,72		39,07	2,25	
26 IX. bis 27. IX.	2000 Pferdefleisch 40 Lävulose	94,98	+7,16	40,57	2,34	+3,70
29. IX bis 30. IX.	2000 Pferdefleisch	90,90		41,60	2,19	
1. X. bis 2. X.	2000 Pferdefleisch 40 Rohrzucker	99,60	+8,70	46,40	2,15	
4. X. bis 5. X.	2000 Pferdefleisch	55,44		47,37	1,17	
6. X. bis 7. X.	2000 Pferdefleisch 40 Milchzucker	61,74	+6,30	38,47	1,60	+16,73
9. X. bis 10. X.	2000 Pferdefleisch	29,80		37,65	0,79	
11. X. bis 12. X.	2000 Pferdefleisch 40 Glycerin	28,80	−1,0	31,23	0,92	+4,13

Hund [illegible]

Es wurden vorgefunden 8 h früh: Datum	Harn in ccm	Harn: Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in %	g	Durch Titrirung mit Fehling'scher Lösung ermittelte reducir. Substanz in %	g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Mikroskopischer Befund	N-Gehalt in %	g	N pro die auf Eiweiss [illegible] in g
1892															
12. IX.	540	1030,5	schwach alkalisch	+ 3,0	16,20	3,6	19,44	sehr geringer Niederschlag	schw. Reaction	?	mässig starke Reaction	einige gelb gefärbte Epithelien, viel Bakterien, mässig viel Tripelphosphat	—	—	—
13. IX.	760	1053,5	stark alkalisch	+ 6,2	47,12	6,6	50,16	mässige Opalescenz	Spur	0	,,	ders. Befund, ausserdem spärlich Hefezellen und Spermafäden	2,52	19,15	119,[illegible]
14. IX.	725	1043	schwach alkalisch	+ 4,6	33,35	4,6	33,35	schwch. Opalescenz	,,	0	,,	ders. Befund	2,38	17,26	107,[illegible]
15. IX.	770	1050,5	alkalisch	+ 5,6	43,12	5,6	43,12	0	,,	0	,,	,,	2,51	19,33	120,[illegible]
16. IX.	860	1044,5	schwach alkalisch	+ 4,4	37,84	4,9	42,14	0	höchstens Spur	0	,,	einige gelb gefärbte Epithelien, viel Bakterien und Tripelphosphat	2,27	19,52	122,[illegible]
17. IX.	645	1051,5	,,	+ 5,8	37,41	6,0	38,70	0	Spur	0	,,	ders. Befund	2,81	18,12	113,[illegible]
18. IX.	790	1050	amphoter	+ 5,0	39,50	5,2	41,08	schwch. Opalescenz	,,	0	,,	ders. Befund, ausserdem spärlich Fetttropfen	2,59	20,46	127,[illegible]
19. IX.	690	1050	schwach alkalisch	+ 5,0	34,50	5,0	34,50	0	schw. Reaction	0	,,	ders. Befund	2,54	17,53	109,[illegible]
20. IX.	680	1056	amphoter	+ 5,8	39,44	6,0	40,80	schwch. Opalescenz	Spur	0	,,	einige gelb gefärbte Epithelien u. w. Bltk., ziemlich viel Bakterien, viel Tripelphosphat, kein Fett	3,11	21,15	132,[illegible]
21. IX.	595	1040,5	schwach alkalisch	+ 4,4	26,18	4,9	29,16	schwch. Opalescenz	,,	0	starke Reaction	ders. Befund	2,08	12,38	77,[illegible]
22. IX.	500	1041	alkalisch	+ 3,8	19,00	4,0	20,0	mässige Opalescenz	höchstens Spur	0	sehr starke Reaction	,,	2,11	10,55	65,[illegible]

belle III.

Koth								Der Hund erhielt pro Tag				Körpergewicht in g	Bemerkungen
nge während des r. Versuchs in g			N-Gehalt in g		N Gehalt pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aether-extract in g		an Fleisch in g	an anderen Substanzen in g	an Wasser in ccm			
	trocken	Trockensubstanz in %	während des betreffenden Versuchs	pro die		während des betreffenden Versuchs	pro die			durch die Sonde	nahm ausserdem spontan		
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8470	
												8420	
												8120	
												8100	
												8100	
888	1048,2	36,30	97,27	12,16	76,00	158,07	19,76	1000 (Rindfleisch)	—	300	—	8120	
												8000	
												7800	
												7800	
												7560	Controlbestimmungen nach Soxhlet Allihn ergaben: 21. IX. 5,4 % 32,13 g 22. IX. 4,25% 21,25 g
514	176,0	34,24	16,83	8,42	52,53	30,57	15,29	500 (Pferdefleisch)	—	300	—	7380	

Hund I.

Harn															
Es wurden vorgefunden 8h früh		Specifisches Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Durch Titrirung mit Fehling'scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Mikroskopischer Befund	N Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
Datum	Harn in ccm			%	g	%	g						%	g	
23. IX.	730	1052,1	alkalisch	+ 5,6	40,88	6,8	49,64	schwach. Opalescenz	höchstens Spur	0	starke Reaction	derselbe Befund	2,67	19,49	121,81
24. IX.	730	1053,5	„	+ 6,0	43,80	7,1	51,83	„	0	0	mässig starke Reaction	„	2,67	19,49	121,81
25. IX.	720	1056	„	+ 6,1	43,92	7,8	56,16	„	höchstens Spur	0	starke Reaction	einige gelb gefärbte Epithelien, ziemlich viel Tripelphosphat u. Bakterien	2,72	19,58	122,38
26. IX.	950	1052,5	„	+ 5,4	51,30	7,6	72,20	„	Spur	0	„	„	2,23	21,19	132,44
27. IX.	910	1047,5	„	+ 4,8	43,68	6,1	55,51	„	„	0	„	„	2,13	19,38	121,13
28. IX.	830	1050	stark alkalisch	+ 4,9	40,67	6,0	49,80	„	höchstens Spur	0	„	„	2,56	21,25	132,81
29. IX.	765	1053,5	„	+ 6,0	45,90	6,6	50,49	„	„	0	mässig starke Reaction	„	2,32	17,75	110,94
30. IX.	900	1047	„	+ 5,0	45,00	5,8	52,20	mässige Opalescenz	Spur	0	„	„	2,65	23,85	149,06
1. X.	1000	1050,5	„	+ 5,4	54,0	7,4	74,40	„	höchstens Spur	0	starke Reaction	„	2,35	23,50	146,88
2. X.	950	1051,5	„	+ 4,8	45,60	6,7	63,65	„	Spur	0	sehr starke Reaction	wenig gelb gefärbte Epithelien, viel Tripelphosphat u. Bakterien	2,41	22,90	143,13
3. X.	870	1050,5	alkalisch	+ 3,6	31,32	5,0	43,50	„	„	0	„	derselbe Befund	2,79	24,27	151,69
4. X.	840	1051	„	+ 3,6	30,24	4,3	36,12	schwach. Opalescenz	„	0	„	„	2,83	23,77	148,56
5. X.	840	1048	stark alkalisch	+ 3,0	25,20	3,8	31,92	starke Opalescenz	„	0	„	„	2,81	23,60	147,50
6. X.	890	1043	schw. alkalisch	+ 3,6	32,04	5,9	52,51	mässige Opalescenz	„	0	starke Reaction	„	2,20	19,58	122,38
7. X.	825	1042,5	„	+ 3,6	29,70	5,6	46,20	„	„	0	„	„	2,29	18,89	118,06

abelle IV.

Koth								Der Hund erhielt pro Tag				Körpergewicht in g	Bemerkungen
ænge während des reffenden Versuchs in g			N-Gehalt in g		N pro die auf Eiweiß umgerechnet in g	Aether-extract in g		an Fleisch in g	an anderen Substanzen in g	an Wasser in ccm			
ıcht	trocken	Trocken-substanz in %	während des betreffenden Versuchs	pro die		während des betreffenden Versuchs	pro die			durch die Sonde	nahm ausserdem spontan		
43,7	486,0	36,17	47,29	15,76	98,50	42,09	14,03	1000 (Pferdefleisch)	—	300	—	7220 7250 7300	Controlbestimmungen nach Soxhlet-Allihn ergaben: % g 23. IX. 6,8 49,64 24. IX. 7,1 51,83
12,4	192,0	31,35	20,62	10,31	64,44	25,54	12,77	1000 (Pferdefleisch)	20 g Lävulose	100 100	200 400	7220 7370 7320	Soxhlet-Allihn % g 26. IX. 7,8 69,35 27. IX. 6,1 55,51
086	357,8	32,95	37,32	12,44	77,75	49,91	16,64	1000 (Pferdefleisch)	—	300	—	7200 7050	
668	218	32,63	20,45	10,23	63,94	32,74	16,37	1000 (Pferdefleisch)	20 g Rohrzucker	100 100	400 400	7020 7050	
798	255	31,95	26,60	8,87	55,44	30,60	10,20	1000 (Pferdefleisch)	—	100	200 200 400	7000 7000 6800	
944	308	32,63	26,95	13,48	84,25	55,75	27,88	1000 (Pferdefleisch)	20 g Milchzucker	150 150	200 300	6850 6900	

Hund I.

Harn															
Es wurden vorgefunden 8h früh		Specifisches Gewicht	Reaktion	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Durch Titrirung mit Fehling'scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	Mikroskopischer Befund	N-Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in
Datum	Harn in ccm			%	g	%	g						%	g	
8. X.	750	1040	amphoter	+ 2,2	16,50	3,6	27,00	schwach. Opalescenz	Spur	0	starke Reaction	derselbe Befund	2,77	21,78	136.13
9. X.	710	1041	„	+ 2,0	14,20	3,5	24,85	mässige Opalescenz	„	0	mässig starke Reaction	harns. Ammon in mässiger Menge, ganz vereinzelt Epithelien	2,73	19,38	121,13
10. X.	650	1040	schw. sauer	+ 2,4	15,60	3,8	24,70	schwach Opalescenz	„	0	„	viel harns. Ammon, etwas Tripelphosphat, spärlich Bakterien, sehr wenig Epithelien	2,81	18,27	114.19
11. X.	850	1035	amphoter	+ 1,8	15,30	3,7	31,45	„	„	0	„	derselbe Befund	1,98	16,83	105,19
12. X.	750	1037	„	+ 1,8	13,50	3,4	25,50	„	„	0	„	„	1,92	14,40	90,0
13. X.	670	1033	„	+ 1,6	10,72	2,9	19,43	starke Opalescenz	schwach. Reaction	0	„	„	2,09	14,00	87,50
14. X.	510	1038	„	+ 0,7	3,57			starke Trübung	Spur	0	„	„	2,58	13,16	82,25
15. X.	395	1031	sauer	0	0 (keine Reduction)	—	—	mässige Opalescenz	minimale Spur	0	schwache Reaction	„	—	—	
	32 (bei der Section in der Blase gefunden)	—	„	0	0 (keine Reduction)	—	—	geringer Niederschlag	0	0	starke Reaction				

Hund I. Tabelle VII.

Normale Hunde.

Verlust an Stickstoff und Fett durch den Koth nach Fütterung mit 3000 g Pferdefleisch (pro die 1000 g).

Bezeichnung des Hundes	Gewicht in g	Datum des Versuches	Koth							Mittlerer Verlust an	
			feucht in g	trocken in g	Trockensubstanz in %	N-Gehalt in %	N-Gehalt in g	Aetherextract in %	Aetherextract in g	N in g	Fett in g
		1893									
Pinscher	6420	6. VI. bis 8. VI.	128,5	42,7	33,23	7,66	3,27	14,09	6,02	2,90	5,70
		10. VI. bis 12. VI.	131,5	48,1	36,58	6,69	3,22	11,23	5,40		
Schäferhund	7100	5. IV. bis 7. IV.	106,5	47,0	44,13	4,72	2,22	12,07	5,67		

abelle V.

Koth								Der Hund erhielt pro Tag				Körpergewicht in g	Bemerkungen
nge während des reffenden Versuchs in g			N-Gehalt in g		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract in g		an Fleisch in g	an anderen Substanzen in g	an Wasser in ccm			
ucht	trocken	Trockensubstanz in %	während des betreffenden Versuchs	pro die		während des betreffenden Versuchs	pro die			durch die Sonde	nahm ausserdem spontan		
											250	6950	
											230	6600	
156	360,8	31,21	30,81	10,27	64,19	97,20	32,40	1000 (Pferdefleisch)	—	100			
											250	6900	
											400	6900	
836	271,8	32,51	22,91	11,46	71,63	87,22	43,61	1000 (Pferdefleisch)	20 g Glycerin	100			
											430	6900	
								1000	—	100	230	6900	15. X. Hund sehr matt. Erhebt sich nicht mehr. Tödtung 8h 30 d. Verbluten aus der Art. cruralis.
1483	390	26,30	41,77	13,92	87,00	63,69	21,23						
								1000	—	100	110	6620	Gewichtsverlust seit 22. VIII. 3280 g.
								874	—	300		6820	Gewichtsverlust seit der Operat. (6. IV.) 5190 g.

Verlust an Stickstoff und Fett durch den Koth nach Fütterung mit 3000 g Pferdefleisch von

Hund I			normalen Hunden	
Datum der Versuchsreihe	Verlust in g an N	Verlust in g an Fett	Verlust in g an N	Verlust in g an Fett
1892				
23. IX. bis 25. IX.	47,29	42,09	2,90	5,70
28. IX. bis 30. IX.	37,32	49,91		
3. X. bis 5. X.	26,60	30,60		
8. X. bis 10. X.	30,81	97,20		
13. X. bis 15. X.	41,77	63,69		

Hund II.

Harn

Datum	24 stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in %	g	Durch Titrirung mit Fehling-scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in %	g	Nach Soxhlet-Allihn ermittelte reducirende Substanz in %	g	Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	NH_3-Gehalt in %	g	N-Gehalt in %	g	N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
1893																		
4. IV.	705	1027	sauer	+0,3	2,12	—	—	0,45	3,17	0	Spur	0	0	0,177	1,248	2,55	17,98	112,38
5. IV.	670	1029,5	„	+0,1	0,67	—	—	0,50	3,35	0	„	0	0	0,218	1,461	2,70	18,09	113,06
6. IV.	665	1028	„	+Spur	—	—	—	0,35	2,33	schwache Opalesc.	0	0	0	0,211	1,403	2,59	17,22	107,63
7. IV.	600	1035,5	„	+0,4	2,4	—	—	0,47	2,82	„	Spur	0	0	0,211	1,266	3,12	18,72	117,00
8. IV.	800	1035,5	„	+1,1	8,80	—	—	1,50	12,0	* gering. Niederschlag	schwache Reaction	0	Spur	0,190	1,520	2,80	22,40	140,00
9. IV.	730	1045	„	+3,0	21,90	3,21	23,43	3,49	25,48	0	„	0	?	0,235	1,716	2,79	20,37	127,31
10. IV.	600	1047	„	+3,8	22,80	4,07	24,42	4,14	24,84	0	„	0	0	0,248	1,488	2,84	17,04	106,50
11. IV.	570	1048,5	„	+4,0	22,80	4,35	24,80	4,46	25,42	0	„	0	Spur	0,238	1,357	2,94	16,76	104,75
12. IV.	370	1045,5	„	+3,2	11,84	3,40	12,58	3,58	13,25	schwache Opalesc.	Spur	0	„	0,245	0,907	3,09	11,43	71,44
13. IV.	390	1037	„	+1,3	5,07	1,88	7,33	1,67	6,51	0	minimale Spur	0	„	0,214	0,835	3,04	11,86	74,13
14. IV.	375	1040,5	„	+1,4	5,25	1,82	6,83	1,85	6,94	0	„	0	„	0,194	0,728	3,05	11,44	71,50
15. IV.	370	1042	„	+1,6	5,92	2,27	8,40	2,25	8,33	0	Spur	0	„	0,204	0,755	3,49	12,91	80,69
16. IV.	465	1041,5	„	+2,4	11,16	3,14	14,60	3,00	13,95	0	„	0	„	0,211	0,981	2,72	12,65	79,06
17. IV.	425	1037	„	+1,2	5,10	1,32	5,61	1,44	6,12	0	„	0	0	0,224	0,952	2,84	12,07	75,44
18. IV	355	1036	„	+Spur	—	—	—	0,34	1,21	0	minimale Spur	0	Spur	0,218	0,774	3,22	11,43	71,44
19. IV.	370	1035,5	„	+0,4	1,48	—	—	0,72	2,66	0	Spur	0	minimale Spur	0,218	0,807	2,95	10,92	68,25
20. IV.	365	1038	„	+1,0	3,65	1,32	4,82	1,29	4,71	0	minimale Spur	0	„	0,255	0,931	3,19	11,64	73,05
21. IV.	305	1043,5	„	+1,1	3,36	1,44	4,39	1,39	4,24	0	Spur	0	Spur	0,279	0,851	3,75	11,44	71,50
22. IV.	480	1050,5	„	+3,8	18,24	4,27	20,50	4,45	21,36	0	Spur bis schwach	0	minimale Spur	0,258	1,238	3,18	15,26	95,38
23. IV.	500	1052	„	+4,2	21,00	4,90	24,50	4,91	24,56	0	Spur	0	„	0,238	1,190	3,05	15,25	95,31
24. IV.	510	1048,5	„	+3,7	18,87	4,59	23,41	4,36	22,24	0	„	0	Spur	0,241	1,229	2,93	14,94	93,38
25. IV.	550	1050,5	„	+4,7	25,85	5,0	27,50	4,90	26,95	0	„	0	„	0,241	1,326	2,84	15,62	97,6[illegible]
26. IV.	470	1053	„	+3,8	17,86	4,31	20,26	3,92	18,42	0	„	0	0	0,200	0,940	3,50	16,45	102,81
27. IV.	525	1048,5	„	+2,0	10,50	2,32	12,18	2,25	11,81	0	minimale Spur	0	Spur	0,238	1,250	3,63	19,06	119,13
28 IV.	655	1051,5	„	+3,8	24,89	4,46	29,21	4,40	28,82	0	Spur	0	minimale Spur	0,221	1,448	3,30	21,62	135,13
29. IV.	550	1052	„	+4,0	22,00	4,68	25,74	4,38	24,09	0	minimale Spur	0	„	0,218	1,199	3,39	18,65	116,[illegible]
30. IV.	500	1053	„	+4,0	20,00	4,54	22,70	4,42	22,10	0	Spur	0	Spur	0,222	1,110	3,36	16,80	105,00
1. V.	585	1051,5	„	+4,5	26,33	5,56	32,53	5,30	31,01	0	„	0	„	0,180	1,053	2,95	17,26	107,8[illegible]
2. V.	655	1052,5	„	+5,6	36,68	6,41	41,99	6,20	40,61	0	Spur bis schwach	0	0	0,177	1,159	2,63	17,23	107,69
3. V.	705	1051,5	„	+6,4	45,12	7,69	54,21	7,20	50,76	0	Spur	0	0	0,150	1,058	2,36	16,64	104,0[illegible]

Tabelle V.

Koth										Der Hund erhielt pro Tag				Körpergewicht in g	Bemerkungen
Menge während des betreffenden Versuchs in g			N-Gehalt			N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract			an Fleisch	an anderen Substanzen	an Wasser in ccm			
			während des betreff. Versuchs		pro die		während des betreff. Versuchs		pro die						
feucht	trocken	Trockensubstanz in %	in %	in g	in g		in %	in g	in g	in g	in g	durch die Sonde	nahm ausserdem spontan		
										1000 Pferdefleisch	—	200	—	4950	
1472	481,1	32,68	10,22	49,16	12,29	76,81	8,64	41,57	10,39	,,	—	200	—	4950	
										,,	—	200	—	4920	
										1000 Rindfleisch	—	200	—	4920	* 8. IV. Erbricht über Nacht 287g, vorwiegend Pankreas. Der Harn ist durch einige Pankreasstücke verunreinigt, daher der Niederschlag von Eiweiss. Hund ist während der Fütterung mit rohem Pankreas sehr gierig auf Wasser
										1000 Pferdefleisch	100 roh. Rindspankreas	100	100	4950	
238	77,8	32,69	7,77	6,05	1,51	9,44	23,55	18,32	4,58	606 Pferdefleisch	50 roh. Rindspankreas	—	300	4720	
										500	,,	—	300	4770	
										,,	,,	—	300	4770	
										550	—	200	—	4900	
714,5	229,5	32,12	9,24	21,21	7,07	44,19	15,70	36,03	12,01	,,	—	100	100	4820	
										,,	—	100	100	4870	
										,,	50 gek. Rindspankreas	100	20	4850	
673	225,4	33,49	9,59	21,62	7,21	45,06	13,56	30,56	10,19						
										,,	,,	200	--	5000	
										500	,,	200	—	4750	
										,,	20 ausgeschm Butter	—	110	4770	
851,4	254,0	29,83	8,24	20,93	5,23	32,69	30,43	77,29	19,32	,,	,,	—	200	4920	
										,,	,,	—	200	4750	
										,,	,,	—	200	4750	
												—	200	4790	
											20 ausgeschm. Butter	—	200	4870	
172,1	69,0	40,09	6,44	4,44	1,11	6,94	40,36	27,85	6,96	500 Pferdefleisch	50 roh. Rindspankreas	—	200	4920	
												—	200	4950	
												—	200	4970	
												—	150	4970	
840,8	562,0	30,53	10,22	57,44	14,36	89,75	12,53	70,42	17,61	1000 Pferdefleisch	—	—	200	5120	
												—	200	5150	
											20 Maizena verkleist. mit 200 H_2O	—	—	5020	
										1000 Pferdefleisch		—	—	5020	
[illegible]4	579,2	29,64	10,64	61,63	15,41	96,31	11,75	68,06	17,02			—	—	5080	
												—	—	4980	

Hund II.

Harn																		
Datum	24 stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Durch Titrirung mit Fehling-scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in		Nach Soxhlet-Allihn ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	NH_3-Gehalt in		N-Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
				%	g	%	g	%	g					%	g	%	g	
1893																		
4. V.	710	1052,5	sauer	+6,0	42,60	6,76	48,00	6,42	45,58	schwache Opalesc.	Spur bis schwach	0	0	0,116	0,824	2,59	18,39	114,94
5. V.	720	1052,5	„	+5,1	36,72	5,88	42,34	5,87	42,26	0	Spur	0	0	0,187	1,346	2,73	19,66	122,88
6. V.	740	1052	„	+5,6	41,44	6,78	50,17	6,70	49,58	0	„	0	0	0,187	1,384	2,49	18,43	115,19
7. V.	730	1053,5	„	+6,0	43,80	6,85	50,01	6,70	48,91	0	Spur bis schwach	0	0	0,170	1,241	2,59	18,91	118,91
8. V.	720	1054,5	„	+6,0	43,20	6,67	48,02	6,69	48,17	0	Spur	0	0	0,156	1,123	2,79	20,09	125,56
9. V.	730	1052	„	+5,2	37,96	5,95	43,44	5,82	42,49	0	Spur bis schwach	0	0	0,184	1,343	2,81	20,51	128,19
10. V.	765	1052	„	+6,4	48,96	7,09	54,24	7,11	54,39	0	„	0	0	0,143	1,093	2,48	18,97	118,56
11. V.	920	1049	„	+6,2	57,04	7,25	66,70	7,39	67,99	0	„	0	0	0,129	1,187	2,09	19,23	120,19
12. V.	885	1053	„	+6,9	61,07	8,06	71,33	7,46	66,02	0	„	0	0	0,163	1,443	2,27	20,09	125,56
13. V.	475	1057	„	+7,6	36,10	8,00	38,00	7,94	37,72	0	minimale Spur	0	0	0,197	0,935	2,53	12,02	75,13
14. V.	540	1052	„	+6,0	32,40	6,17	33,32	6,49	35,05	0	Spur	0	0	0,184	0,994	2,49	13,45	84,06
15. V.	565	1060	„	+7,2	40,68	7,87	44,47	7,74	43,73	0	minimale Spur	0	0	0,211	1,192	2,94	16,61	103,81
16. V.	440	1053	„	+6,0	26,40	7,04	30,98	6,96	30,62	0	„	0	0	0,218	0,959	2,84	12,50	78,13
17. V.	600	1036,5	„	+4,3	25,80	4,39	26,34	4,28	25,68	0	„	0	0	—	—	1,99	11,94	74,63
18. V.	548	1041	„	+4,6	25,21	5,24	28,72	5,46	29,92	0	Spur	0	0	0,136	0,745	2,01	11,01	68,81
19. V.	610	1029,5	„	+2,4	14,64	2,96	18,06	2,87	17,51	0	„	0	0	0,129	0,787	1,79	10,92	68,25
20. V.	755	1040	„	+5,4	40,77	6,71	50,66	6,66	50,28	0	minimale Spur	0	0	0,116	0,876	1,56	11,78	73,63
21. V.	695	1036	„	+4,2	29,19	5,35	37,18	5,19	36,07	0	„	0	0	0,136	0,945	1,68	11,68	73,00
22. V.	735	1044,5	„	+5,9	43,37	7,25	53,29	7,23	53,14	0	„	0	0	0,133	0,978	1,81	13,30	83,13
23. V.	580	1043	„	+4,7	27,26	6,01	34,86	6,04	35,03	0	Spur	0	0	0,177	1,027	2,18	12,64	79,00
24. V.	615	1044,5	„	+5,3	32,60	5,95	36,59	5,80	35,67	0	„	0	0	0,143	0,879	2,21	13,59	84,94
25. V.	540	1043,5	„	+4,8	25,92	5,15	27,81	4,96	26,78	0	„	0	0	0,177	0,956	2,52	13,61	85,06
26. V.	562	1035	„	+3,6	20,23	4,24	23,83	4,26	23,94	0	„	0	0	0,102	0,573	1,71	9,61	60,06
27. V.	618	1050,5	„	+5,6	34,61	6,33	39,12	6,12	37,82	0	Spur bis schwach	0	0	0,129	0,797	2,38	14,71	91,94
28. V.	735	1046	„	+4,8	35,28	5,49	40,35	5,51	40,50	0	„	0	0	0,122	0,897	2,23	16,39	102,44
29. V.	660	1051	„	+5,4	35,64	6,17	40,72	5,93	39,14	0	„	0	0	0,150	0,990	2,62	17,29	108,06
30. V.	765	1050	„	+5,6	42,84	6,06	46,36	5,86	44,83	0	„	0	0	0,143	1,094	2,46	18,82	117,63
31. V.	985	1046	„	+6,2	61,07	6,85	67,47	6,84	67,37	schwache Opalesc.	Spur	0	0	0,075	0,739	1,72	16,94	105,88
								n. Kochen mit HCl: 7,0	68,95									
1. VI	918	1049,5	„	+6,0	55,08	7,25	66,56	7,19	66,00	0	„	0	0	0,109	1,001	2,06	18,91	118,19
								n. Kochen mit HCl: 7,31	67,06									
2. VI.	550	1045	„	+6,0	33,00	7,04	38,72	7,06	38,83	0	„	0	0	0,136	0,748	1,91	10,51	65,69
								n. Kochen mit HCl: 6,66	36,63									

Tabelle VI.

Koth										Der Hund erhielt pro Tag					
enge während des etreffenden Versuchs in g			N-Gehalt			N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract			an Fleisch	an anderen Substanzen	an Wasser in ccm		Körpergewicht in g	Bemerkungen
feucht	trocken	Trockensubstanz in %	während des betreff. Versuchs in %	während des betreff. Versuchs in g	pro die in g		während des betreff. Versuchs in %	während des betreff. Versuchs in g	pro die in g	in g	in g	durch die Sonde	nahm ausser dem spontan		
													200	5020	
													200	5030	
865	622,1	33,36	10,43	64,89	16,23	101,44	14,44	89,83	22,46	1000 Pferdefleisch	—	--	200	5020	
													200	4970	
													200	4920	
													200	4920	
654	536	32,41	9,38	50,28	12,57	78,56	17,71	94,93	23,73	1000 Pferdefleisch	20 Traubenzucker in 100 H_2O gelöst	—	300	4970	
													200	4980	
													200	4970	
										500 Pferdefleisch			200	4950	
										613 Pferdefleisch		—	300	4850	
										1000		—	200	4880	
565	533,5	34,09	8,75	46,68	11,67	72,94	23,72	126,55	31,64	500	—	—	300	4860	
										,,		—	300	4840	
										,,		—	300	4800	
										,,		120	180	4650	
												—	200	4820	
630,3	197,0	31,26	9,83	19,37	4,84	30,25	12,21	24,05	6,01	500 Pferdefleisch	20 Laevulose gelöst in 200 H_2O	—	200	4770	
												—	200	4730	
												—	200	4730	
										500 Pferdefleisch		—	200	4700	
										,,		—	200	4750	
999,7	618,3	30,92	10,71	66,22	16,55	103,44	9,37	57,93	15,38	,,	—	50	150	4770	
										1000		—	75	4670	
										,,		—	200	4570	
										,,		—	200	4600	
										,,		—	200	4680	
										1000 Pferdefleisch		—	200	4620	
1004,5	308,8	30,74	10,92	33,72	11,24	70,25	13,06	40,38	13,46	,,	20 Rohrzucker in 200 H_2O gelöst	—	200	4450	
										404 Pferdefleisch			200	4430	Verweigert die übrige Nahrung.

Hund II.

Harn																		
Datum	24 stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Durch Titrirung mit Fehling-scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in		Nach Soxhlet-Allihn ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	NH3 Gehalt in		N-Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
				%	g	%	g	%	g					%	g	%	g	
1893																		
3. VI.	460	1046	sauer	+5,6	25,76	5,75	26,45	5,69	26,17	0	Spur bis schwach	0	0	0,136	0,626	2,30	10,58	66,13
4. VI.	360	1050	„	+5,0	18,0	5,49	19.76	5,41	19,48	0	„	0	0	0,150	0,540	2,66	9,58	59,88
5. VI.	448	1050	„	+6,0	26,88	6,80	30,46	6,59	29,52	0	Spur	0	0	0,136	0,609	2,41	10,80	67,50
6. VI.	450	1042	„	+3,8	17,10	4,46	20,07	4,26	19,17	0	„	0	0	0,156	0,702	2,41	10,85	67,81
7. VI.	492	1047	„	+5,6	27,55	6,25	30,75	5,95	29,27	0	Spur bis schwach	0	0	0,150	0,738	2,39	11,76	73,50
8. VI.	455	1041.5	„	+3,8	17,29	4,17	18,97	4,04	18,38	0	Spur	0	0	0,150	0,683	2,53	11,51	71,94
9. VI.	785	1036,5	„	+5,0	39,25	5,18	40,66	5,24	41,13	0	„	?	0	0,102	0,801	1,60	12,56	78,50
10. VI.	735	1037,5	„	+4,3	31,61	5,00	36,75	5,02	36,90	0	„	0	0	0,129	0,948	1,76	12,94	80,88
11. VI.	772	1043	„	+6,2	47,86	6,62	51,11	6,54	50,49	0	„	0	0	0,129	0,996	1,78	13,74	85,88
12. VI.	720	1042	„	+5,3	38,16	5,88	42,84	5,84	42,05	0	„	0	0	0,133	0,958	1,88	13,18	82,38
13. VI.	522	1048,5	„	+5,4	28,19	5,88	30,69	6,06	31,63	0	„	0	0	0,156	0,814	2,54	13,26	82,88
14. VI	515	1046	„	+5,6	28,84	6,17	31,78	6,14	31,62	0	„	0	0	0,163	0,839	2,44	12,57	78,56
15. VI.	468	1048	„	+5,4	25,27	5,65	26,44	5,59	26,16	0	minimale Spur	0	0	0,177	0,828	2,35	11,00	68,75
16. VI.	482	1047	„	+5,0	24,10	5,71	27,52	5,62	27,09	0	„	0	0	0,170	0,819	2,51	12,10	75,63
17. VI.	698	1034	„	+4,0	27,92	4,37	30,50	4,23	29,53	0	„	0	0	0,102	0,712	1,50	10,47	65,44
18. VI.	645	1039	„	+4,6	29,67	5,43	35,02	5,41	34,89	0	„	0	0	0,122	0,787	1,69	10,90	68,13
19. VI.	660	1037,5	„	+4,6	30,36	4,76	31,42	4,83	31,88	0	„	0	0	—	—	1,69	11,15	69.69
20. VI.	644	1035,5	„	+3,9	25,12	4,83	31,11	4,85	31,23	0	0	0	0	—	—	1,58	10,18	63,63
21. VI.	540	1043,5	„	+5,0	27,0	5,68	30,67	5,74	31,00	0	minimale Spur	0	0	0,136	0,734	2,32	12,53	78,31
22. VI.	470	1046	„	+5,2	24,44	6,02	28,29	5,91	27,78	0	„	0	0	0,139	0,653	2,32	10,90	68.13
23. VI.	385	1037,5	„	+3,0	11,55	3,66	14,09	3,40	13,09	sehr geringer Niederschlag	„	0	0	0,143	0,551	2,04	7,85	49,06
24. VI.	465	1044	„	+4,5	20,93	5,26	24,46	5,34	24,83	starke Opalesc.	Spur bis schwach	0	0	0,136	0,632	2,32	10,79	67,44
25. VI.	478	1045	„	+5,4	25,81	6,13	29,30	6,05	28,92	0	„	0	0	0,156	0,746	2,26	10,80	67.50
26. VI.	470	1037	„	+3,8	17,86	4,39	20,63	4,33	20,35	0	„	0	0	—	—	2,04	9,59	59,94
27. VI.	502	1041	„	+4,8	24,10	5,56	27,91	5,48	27,51	0	Spur	0	0	0,173	0,868	2,16	10,84	67,75
28. VI.	452	1041,5	„	+4,0	18,08	4,76	21,52	4,62	20,88	0	„	0	0	0,204	0,922	2,49	11,25	70,31
29. VI.	648	1037	„	+4,4	28,51	5,35	34,67	5,48	35,51	0	„	0	0	0,122	0,791	1,87	12,12	75,75
30. VI.	670	1028	„	+2,6	17,42	3,33	22,31	3,20	21,44	0	„	0	0	0,122	0,817	1,64	10,99	68,69
1. VII.	652	1036,5	„	+4,2	27,38	5,26	34,30	5,36	34,95	0	minimale Spur	0	0	0,131	0,854	1,87	12,19	76,19
2. VII.	695	1026	„	+2,4	16,68	3,03	21,06	2,87	19,95	0	„	0	0	—	—	1,60	11,12	69.50
3. VII.	509	1047,5	„	+5,4	27,49	6,25	31,81	6,44	32,78	0	„	0	0	0,194	0,987	2,46	12,52	78.25
4. VII.	425	1039	„	+3,4	14,45	4,26	18,11	4,12	17,51	0	„	0	0	0,218	0,927	2,23	9,48	59,25
5. VII.	390	1047	„	+4,0	15,60	4,93	19,23	4,95	19,31	0	Spur	0	0	0,197	0,768	2,99	11,66	72,88
6. VII.	482	1045,5	„	+4,3	20,73	5,32	25,64	5,56	26,80	0	0	0	0	0,197	0,950	2,58	12,44	77.75
7. VII.	735	1040	„	+4,8	35,28	5,68	41,75	5,56	40,87	0	minimale Spur	0	0	0,126	0,926	1,82	13,38	83,63
8. VII.	698	1038	„	+4,0	27,92	4,75	33,16	4,68	32,67	0	Spur	0	0	—	—	1,79	12,49	78,06
9. VII.	659	1040,5	„	+4,8	31,63	5,12	33,74	5,04	33,21	0	minimale Spur	0	0	0,143	0,942	1,93	12,72	79.50
10. VII.	608	1042,5	„	+5,0	30,40	5,87	35,69	5,78	35,14	0	Spur	0	0	0,197	1,198	1,98	12,04	75,25
11. VII.	422	1042,5	„	+4,8	20,26	5,28	22,28	5,42	22,87	0	„	0	0	0,204	0,861	2,35	9,92	62,00
12. VII.	404	1042	„	+4,2	16,97	4,80	19,39	4,70	18,99	0	„	0	0	0,192	0,776	2,51	10,14	63.38
13. VII.	432	1039,5	„	+4,0	17,28	4,49	19,40	4,46	19,27	0	„	0	farbige Ringe	0,156	0,674	2,36	10,20	63.75
14. VII.	489	1042	„	+4,8	23,47	5,23	25,57	5,18	25,53	0	Spur bis schwache Reaction	0	0	0,153	0,748	2,81	11,30	70,63

[T]abelle VII.

Koth										Der Hund erhielt pro Tag				Körpergewicht in g	Bemerkungen
[Me]nge während des [be]treffenden Versuchs in g			N-Gehalt			N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract			an Fleisch	an anderen Substanzen	an Wasser in ccm			
			während des betreff. Versuchs		pro die		während des betreff. Versuchs		pro die						
feucht	trocken	Trockensubstanz in %	in %	in g	in g		in %	in g	in g	in g	in g	durch die Sonde	ausserdem spontan		
													200	4390	
													200	4270	
[..]00,5	368,6	26,32	10,99	40,51	6,75	42,18	13,07	48,18	8,03	500 Pferdefleisch	—	—	200	4320	
													200	4300	
													200	4320	
													200	4270	
													200	4330	
[..]80	119,4	31,42	9,32	11,09	2,77	17,31	12,89	15,39	3,85	500 Pferdefleisch	20 Milchzucker in 200 H_2O gelöst	—	200	4270	
													200	4260	
													200	4270	
													200	4300	
[.]44,4	198,6	36,48	8,33	16,54	4,14	25,88	24,26	48,18	12,05	500 Pferdefleisch	—	—	200	4270	
													200	4200	
													200	4280	
													200	4310	
[.]79,4	210,3	30,95	9,96	20,95	5,24	32,75	14,63	30,76	7,69	500 Pferdefleisch	20 Glycerin mit 200 H_2O	—	200	4250	
													200	4230	Stets gebundener Stuhl.
													200	4090	
													200	4200	
													200	4120	Von 22. VI. bis 24. VI. incl. starke Diarrhöe.
													200	4030	
[.]91,9	486,7	25,73	10,33	50,28	6,29	39,31	12,68	61,71	7,71	500 Pferdefleisch	—	—	200	3930	
													200	3750	
													200	3770	
													200	3740	Leichte Diarrhöe.
													200	3720	
												100	100	3720	
[.]87	269,2	34,21	6,55	17,63	4,41	27,56	19,54	52,60	13,15	500 Pferdefleisch	20 Gummi arabicum in 200 H_2O gelöst		200	3830	
												100	100	3750	
													200	3820	
										500 Pferdefleisch		—	200	3840	
[.]05,5	220,3	31,22	10,08	22,21	5,55	34,69	18,13	39,94	9,99	4. VII. 500 Rindfleisch		—	200	3830	
												—	200	3830	
												—	200	3840	
												—	—	3850	
[.]17	248	30,35	9,22	22,87	5,72	35,75	19,92	49,40	12,35	500 Pferdefleisch	400 ccm Milch	—	—	3799	
												—	—	3710	
												—	—	3700	
												—	200	3670	
[.]30,5	219,8	26,47	10,02	22,02	5,51	34,44	9,02	19,83	4,96	500 Pferdefleisch		—	200	3620	
												—	200	3630	
												—	200	3630	

Hund II.

	Harn																	
Datum	24 stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Durch Titrirung mit Fehling-scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in		Nach Soxhlet-Allihn ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	NH3-Gehalt in		N-Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
				%	g	%	g	%	g					%	g	%	g	
1893																		
15. VII.	742	1025	sauer	+2,6	19,29	2,98	22,11	2,93	21,74	0	Spur	0	0	0,095	0,705	1,39	10,31	64,44
16. VII.	675	1033,5	„	+3,6	24,30	4,15	28,01	4,15	28,01	0	„	0	0	—	—	1,70	11,48	71,75
17. VII.	681	1031,5	„	+3,2	21,79	3,55	24,18	3,66	24,92	0	„	0	0	0,102	0,695	1,70	11,58	72,38
18. VII.	625	1036,5	„	+3,8	23,75	4,41	27,56	4,36	27,25	0	„	0	0	0,141	0,881	2,01	12,56	78,50
19. VII.	508	1041,5	„	+4,0	20,32	4,60	23,37	4,64	23,57	0	„	0	0	0,172	0,874	2,44	12,40	77,50
20. VII.	521	1038,5	„	+3,8	19,80	3,96	20,63	3,98	20,74	0	„	0	0	0,164	0,854	2,32	12,09	75,56
21. VII.	522	1040	„	+3,8	19,84	4,05	21,14	3,93	20,51	0	„	0	0	0,169	0,882	2,44	12,74	79,63
22. VII.	535	1040,5	„	+3,8	20,33	3,95	21,14	4,03	21,56	0	„	0	0	0,153	0,819	2,35	12,57	78,56
23. VII.	466	1036	„	+2,2	10,25	2,41	11,23	2,34	10,90	0	Spur bis schwache Reaction	0	0	0,170	0,792	2,40	11,18	69,88
24. VII.	442	1033	„	+1,4	6,19	1,57	6,94	1,60	7,07	0	„	0	deutliche Reaction	0,184	0,813	2,48	10,96	68,50
25. VII.	411	1033	„	+0,6	2,47	0,64	2,63	0,62	2,55	0	Spur	0	„	0,222	0,912	2,79	11,47	71,69
26. VII.	486	1035	„	+3,0	14,58	3,48	16,91	3,37	16,38	0	„	0	0	0,150	0,729	2,12	10,30	64,38
27. VII.	468	1035,5	„	+2,9	13,57	3,19	14,93	3,13	14,65	0	„	0	minimale Spur	0,150	0,702	2,19	10,25	64,06
28. VII.	486	1036	„	+3,0	14,58	3,26	15,84	3,17	15,41	0	„	0	0	0,143	0,695	2,20	10,69	66,81
29. VII.	499	1037,5	„	+3,2	15,97	3,46	17,27	3,39	16,92	0	„	0	0	0,149	0,744	2,26	11,28	70,50
30. VII.	508	1037	„	+3,6	18,29	3,80	19,30	3,72	18,90	0	„	0	0	0,143	0,726	2,04	10,36	64,75
31. VII.	798	1030	„	+3,7	29,53	3,86	30,80	3,88	30,96	0	„	0	0	0,086	0,686	1,37	10,93	68,31
1. VIII.	780	1033	„	+4,4	34,32	4,57	35,65	4,60	35,88	0	„	0	0	0,092	0,718	1,41	11,00	68,75
								n. Kochen mit H Cl. 4,44	34,63									
2. VIII.	779	1033	„	+4,2	32,72	4,37	34,04	4,51	35,13	0	„	0	0	0,095	0,740	1,46	11,37	71,06
								n. Kochen mit H Cl. 4,39	34,20									
3. VIII.	788	1031,5	„	+4,2	33,10	4,30	33,88	4,18	32,94	0	„	0	0	0,088	0,693	1,39	10,95	68,44
								n. Kochen mit H Cl. 4,22	33,25									
4. VIII.	525	1029	„	+2,0	10,50	2,31	12,13	2,27	11,92	0	„	0	0	0,119	0,625	1,82	9,56	59,75
5. VIII.	492	1042	„	+4,2	20,66	4,41	21,70	4,39	21,60	0	„	0	0	0,167	0,822	2,37	11,66	72,88
6. VIII.	530	1040	„	+4,2	22,26	4,45	23,59	4,38	23,21	0	„	0	0	0,160	0,848	2,24	11,87	74,19
7. VIII.	512	1044	„	+4,3	22,02	4,45	22,78	4,61	23,60	0	„	0	0	0,170	0,870	2,43	12,44	77,75
8. VIII.	667	1036	„	+3,3	22,01	3,50	23,35	3,56	23,75	0	„	0	0	0,140	0,934	2,10	14,01	87,56

Tabelle VIII.

Koth: nge während des treffenden Versuchs in g: feucht	trocken	Trockensubstanz in %	N-Gehalt während des betreff. Versuchs in %	N-Gehalt während des betreff. Versuchs in g	N-Gehalt pro die in g	N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract während des betreff. Versuchs in %	Aetherextract während des betreff. Versuchs in g	Aetherextract pro die in g	Der Hund erhielt pro Tag an Fleisch in g	an anderen Substanzen in g	an Wasser in ccm: durch die Sonde	an Wasser in ccm: ausserdem spontan	Körpergewicht in g	Bemerkungen
												—	140	3720	
												—	140	3750	Ein Theil des Kothes grauweiss. Mikroskopisch viel Inulin nachweisbar.
50,5	266,8	31,37	7,56	20,17	5,04	31,50	7,63	20,36	5,09	500 Pferdefleisch	20 Inulin mit 200 H_2O verkleistert				
												—	140	3670	
												—	140	3710	Ein Theil des Kothes hellgelb. Mikroskopisch viel Inulin.
												—	200	3650	
37	181	33,71	8,96	16,22	4,06	25,38	10,79	19,53	4,88	500 Pferdefleisch	—	—	200	3630	
												—	200	3630	
												—	200	3620	
											ausgeschm. Butter 40	—	50	3620	
33	333,8	35,78	5,32	17,76	4,44	27,75	46,0	155,84	38,96	500 Pferdefleisch	40	—	120	3570	
											60	—	120	3470	Im Käfig breite Streifen geronnenen Fettes.
											60	—	120	3570	
												—	200	3450	
36,5	219,2	29,76	10,71	23,48	5,87	36,69	9,45	20,71	5,18	500 Pferdefleisch	—	100	100	3570	
												100	100	3550	
													200	3550	
												100	100	3570	
												100	40	3550	
14,5	172,3	33,49	10,36	17,85	4,46	27,88	11,06	19,06	4,77	500 Pferdefleisch	20 Maltose in 200 H_2O gelöst	60	140	3530	
												—	200	3500	
												160	40	3550	
57,5	214,8	32,67	9,52	20,45	4,09	25,56	17,65	37,91	7,58	500 Rindfleisch an den übrigen Tagen 500 Pferdefleisch	—	—	200	3570	
												—	200	3400	
												—	200	3470	
												—	200	3530	

Hund II.

Harn																		
Datum	24 stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Durch Titrirung mit Fehling-scher Lösung ermittelte reducirende Substanz in		Nach Soxhlet-Allihn ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	NH_3-Gehalt in		N-Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
				%	g	%	g	%	g					%	g	%	g	
1893 9. VIII.	1025	1029	sauer	+2,5	25,63	4,02	41,21	3,90	39,98	0	Spur	0	0	0,081	0,830	1,26	12,92	80,7
10. VIII.	860	1032,5	„	+3,2	27,52	4,37	37,58	4,34	37,32	0	„	0	0	0,097	0,834	1,43	12,30	76,8
11. VIII.	908	1034,5	„	+3,6	32,69	5,07	46,04	5,07	46,04	0	„	0	0	0,088	0,799	1,32	11,99	74,9
12. VIII.	828	1037,5	„	+2,8	23,18	5,92	49,02	5,86	48,52	0	„	0	0	0,090	0,745	1,32	10,93	68,3
13. VIII.	523	1041	„	+4,0	20,92	4,62	24,16	4,44	23,22	schwache Opal sc.	„	0	0	0,161	0,842	2,41	12,60	78,7
14. VIII.	640	1029,5	„	+2,1	13,44	2,47	15,81	2,60	16,64	0	„	0	0	0,124	0,794	1,85	11,84	74,0
15. VIII.	525	1040,5	„	+3,5	18,38	4,19	22,00	3,98	20,90	0	„	0	0	0,169	0,887	2,53	13,28	83,0
16. VIII.	894	1031	„	+2,1	18,77	2,83	25,30	2,56	22,89	0	„	0	0	0,141	1,261	1,72	15,38	96,1
17. VIII.	890	1033,5	„	+3,0	26,70	3,29	29,28	3,30	29,37	0	Spur bis schwach	0	0	0,151	1,344	1,84	16,38	102,3
18. VIII.	984	1032	„	+2,8	27,55	3,25	31,98	3,18	31,29	0	„	0	0	0,144	1,417	1,67	16,43	102,6
19. VIII.	588	1034	„	+3,8	22,34	4,18	24,58	3,95	23,23	0	Spur	0	0	0,148	0,870	1,88	11,05	69,0
20. VIII.	510	1031,5	„	+2,4	12,24	2,67	13,62	2,87	14,64	0	„	0	0	0,127	0,648	1,85	9,44	59,0
21. VIII.	446	1034,5	„	+2,6	11,60	2,82	12,58	2,88	12,84	0	„	0	0	0,163	0,727	2,25	10,04	62,7
22. VIII.	915	1027	„	+3,2	29,28	3,52	32,21	3,44	31,48	0	„	0	0	0,078	0,714	1,12	10,25	64,0
23. VIII.	825	1026,5	„	+2,8	23,10	2,90	23,93	3,06	25,25	0	„	0	0	0,102	0,842	1,20	9,90	61,8
24. VIII.	519	1037	„	+3,6	18,68	3,98	20,66	3,98	20,66	0	„	0	0	0,159	0,825	1,72	8,93	55,81
25. VIII.	722	1026	„	+2,1	15,16	2,66	19,21	2,43	17,54	0	„	0	0	0,122	0,881	1,23	8,88	55,8
26. VIII.	501	1033	„	+2,8	14,03	3,43	17,18	3,02	15,13	0	„	0	0	0,119	0,596	2,00	10,02	62,6
27. VIII.	478	1035	„	+2,6	12,43	3,10	14,82	2,78	13,29	0	„	0	farbige Ringe	0,124	0,593	2,10	10,04	62,7
28. VIII.	565	1030,5	„	+2,4	13,56	2,76	15,59	2,60	14,69	0	„	0	0	0,121	0,684	1,83	10,34	64,6
29. VIII.	618	1031	„	+2,8	17,30	3,19	19,71	3,14	19,41	0	„	0	0	0,105	0,649	1,75	10,82	67,6
30. VIII.	1040	1033,5	„	+3,2	33,28			3,53	36,71	0	schwache Reaction	?	0	0,119	1,237	1,62	16,85	105,3
31. VIII.	1020	1038,5	„	+3,6	36,72			4,18	42,64	0	„	Spur	0	0,134	1,367	1,64	16,73	104,5
1. IX.	992	1039	„	+4,2	41,66			4,67	46,33	0	„	„	0	0,146	1,448	1,69	16,76	104,7
2. IX.	525	1046	„	+5,4	28,35			6,06	31,82	0	Spur	0	0	0,153	0,803	2,15	11,29	70,5
3. IX.	551	1040,5	„	+4,2	23,14			4,50	24,80	0	„	0	0	0,146	0,804	2,16	11,90	74,3
4. IX.	732	1033	„	+3,6	26,35			3,96	28,99	0	„	0	0	0,120	0,878	1,73	12,66	79,1
5. IX.	531	1043,5	„	+5,0	26,55			4,96	26,34	0	„	0	Spur	0,166	0,881	2,23	11,84	74,0
6. IX.	718	1033,5	„	+4,6	33,03			4,45	31,95	0	„	0	„	0,105	0,754	1,46	10,48	65,50
7. IX.	633	1039,5	„	+5,1	32,28			5,38	34,06	0	„	0	„	0,126	0,798	1,77	11,20	70,0
8. IX.	841	1030,5	„	+3,6	30,28			3,60	30,28	0	„	0	0	0,094	0,791	1,39	11,69	73,06
9. IX.	761	1034	„	+4,0	30,44			4,40	33,48	0	„	0	0	0,106	0,807	1,46	11,11	69,4
10. IX.	718	1035	„	+4,0	28,72			4,30	30,87	0	„	0	0	0,117	0,840	1,58	11,34	70,8
11. IX.	140	1043	„	+3,6	5,04			2,26	3,16	0	„	0	0	0,210	0,294	2,55	3,57	22,31
								n. Kochen mit HCl: 3,58	5,01									
12. IX.	397	1022	„	+1,2	4,76			1,44	5,72	0	„	0	0	0,112	0,445	1,29	5,12	32,0
13. IX.	345	1036	„	+1,2	4,14			1,41	4,86	0	„	0	minimale Spur	0,227	0,783	2,73	9,42	58,8
14. IX.	545	1025	„	+1,0	5,45			1,16	6,32	0	„	0	0	0,151	0,823	1,75	9,54	59,6
15. IX.	536	1027,5	„	+1,4	7,50			1,57	8,42	0	„	0	0	0,145	0,777	2,00	10,72	67,0
16. IX.	525	1035	„	+2,6	13,65			3,0	15,75	0	„	0	0	0,153	0,803	2,21	11,60	72,5
17. IX.	555	1034,5	„	+2,6	14,43			3,08	17,09	0	„	0	0	0,156	0,866	2,20	12,21	76,3

Tabelle IX.

Koth										Der Hund erhielt pro Tag					
enge während des betreffenden Versuchs in g			N-Gehalt			N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract			an Fleisch	an anderen Substanzen	an Wasser in ccm		Körpergewicht in g	Bemerkungen
			während des betreff. Versuchs		pro die		während des betreff. Versuchs		pro die						
feucht	trocken	Trockensubstanz in %	in %	in g	in g		in %	in g	in g	in g	in g	durch die Sonde	nahm ausserdem spontan		
										500 Pferdefleisch	20 Lävulose in 200 H_2O gelöst	70	180	3490	
											"	—	200	3510	D 33,46 L 5,78
42,5	201,3	31,33	8,58	17,27	4,32	27,00	16,36	32,93	8,23		40 Lävulose in 400 H_2O gelöst	—	—	3550	D 32,64 L 3,78 11. u. 12. VIII.: Koth breiig.
											60 Lävulose in 400 H_2O gelöst	—	100	3450	D 39,95 L 5,34
										500 Pferdefleisch			200	3470	D 37,55 L 10,62
71,5	158,2	33,55	6,53	10,33	2,58	16,13	—	—	—				200	3550	
													200	3450	
										500 Pferdefleisch	50 rohes Rindspankreas		300	3450	
64	73,5	44,81	5,43	3,99	1,33	8,31	18,87	13,87	4,62				300	3470	
													300	3470	
										500 Pferdefleisch			200	3420	
47	167,5	30,62	10,43	17,47	5,82	36,38	10,17	17,03	5,68				200	3470	
													200	3480	
										500 Pferdefleisch	80 Tafelbrödchen		300	3470	22 VIII.—24.VIII. Starke Diarrhöe. Mehrfach Erbrechen.
34,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—				300	3400	
													300	3370	
										500 Pferdefleisch		100	100	3400	
													200	3350	
80	295,4	33,57	9,81	28,98	5,80	36,25	9,74	28,77	5,75			50	150	3420	
												100	100	3430	
												100	100	3400	
										500 Pferdefleisch	100 rohes Rindspankreas		300	3420	
67	42,8	63,88	3,99	1,71	0,57	3,56	5,57	2,38	0,79				300	3420	
													300	3280	
										500 Pferdefleisch			200	3240	
													200	3240	
													200	3250	
													200	3300	
55	206,4	10,56	9,43	45,11	5,01	31,31	12,65	60,52	6,72				200	3300	
													200	3300	
													200	3300	
													200	3300	
													200	3250	
										Pferdefleisch 500	20 Raffinose	200	50	3190	9 h Erbrechen; Diarrhöe.
98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	210		—	100	3100	1 h Erbrechen; starke Diarrhöe. Thier sehr matt Harn durch Koth verunreinigt; Sammlung des Harns unvollständig.
										500		—	200	3070	
										"			200	2970	
										"			200	3020	
										"			200	3050	
										"			200	2970	

Hund II.

Harn																
Datum	24stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Durch Drehung ermittelter Zuckergehalt in		Nach Soxhlet-Allihn ermittelte reducirende Substanz in		Eiweiss	Aceton	Acetessigsäure	Gallenfarbstoff	NH_3-Gehalt in		N-Gehalt in		N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g
				%	g	%	g					%	g	%	g	
1893																
18. IX.	668	1029,5	sauer	+2,0	13,36	2,38	15,90	0	Spur bis schwach	0	0	0,118	0,788	1,59	10,62	66,38
19. IX.	686	1028,5	„	+2,2	15,09	2,39	16,40	0	Spur	0	0	0,118	0,809	1,62	11,11	69,44
20. IX.	690	1028	„	+2,0	13,80	2,26	15,59	0	„	0	0	0,120	0,828	1,67	11,52	72,00
21. IX.	740	1026,5	„	+2,1	15,54	2,56	18,94	0	„	0	0	0,114	0,844	1,58	11,69	73,06
22. IX.	615	1033	„	+3,0	18,45	2,97	18,27	0	„	0	0	0,117	0,720	1,65	10,15	63,44
						n. Kochen mit HCl: 3,26	20,05									
23. IX.	892	1021,5	schwach sauer	+1,6	14,27	1,70	15,16	0	„	0	0	0,084	0,749	1,16	10,35	64,69
						n. Kochen mit HCl: 1,80	16,06									
24. IX.	578	1032	sauer	+2,5	14,45	2,72	15,72	0	„	0	0	0,133	0,769	1,75	10,12	63.25
						n. Kochen mit HCl: 2,80	16,18									
25. IX.	575	1032	„	+2,7	15,53	2,57	14,78	0	„	0	0	0,125	0,719	1,74	10,01	62.56
						n. Kochen mit HCl: 2,85	16,39									
26. IX.	662	1029,5	„	+2,4	15,89	2,66	17,61	0	„	0	0	0,110	0,728	1,63	10,79	67,44
27. IX.	547	1031,5	„	+2,2	12,03	2,71	14,82	0	„	0	0	0,131	0,717	1,89	10,34	64,63
28. IX.	565	1031	„	+2,2	12,43	2,51	14,18	0	„	0	0	0,124	0,701	1.93	10,90	68,13
29. IX.	718	1026	„	+1,8	12.92	2,17	15,58	0	Spur bis schwach	0	0	0,109	0,783	1,60	11,49	71.81
30. IX.	438	1040	„	+2,8	12.26	3,12	13,66	0	Spur	0	0	0,211	0,924	2,28	9,99	62,44
1. X.	510	1031	„	+1,8	9,18	2,46	12,55	0	„	0	0	0,129	0,658	1,96	10,00	62.50
2. X.	630	1026	„	+1,7	10,71	1,80	11,34	0	schwache Reaction	0	0	0,124	0,781	1,64	10,33	64.56
3. X.	574	1022	„	+1,2	6,89	1,10	6,31	starke Trübung	Spur bis schwach	?	0	0,100	0,574	1,41	8,09	50.56
4. X.	815	1024	„	+3,0	24,45	2,55	20,78	schwache Opalesc.	Spur	?	0	0,109	0,888	1,12	9,13	57,06
5. X.	760	1031	„	+4,4	33,44	3,73	28,35	„	„	0	0	0,124	0,942	1,26	9,58	59,88
6. X.	778	1027	„	+3,4	26,45	2,95	22,95	„	Spur bis schwach	0	0	0,116	0,902	1,33	10,35	64,69
7. X.	398	1034.5	„	+2,4	9,55	2,43	9,67	„	Spur	0	0	0,143	0,569	2,09	8,32	52,00
8. X.	390	1030,5	„	+1,8	7,02	1,72	6,71	„	„	0	0	0,139	0,542	2,00	7,80	48,75
9. X.	422	1028	„	+1,4	5,91	1,47	6,20	„	„	0	0	—	—	1,76	7,43	46,44
10. X.	561	1025	„	+1,3	7,29	1,53	8,58	„	„	0	0	0,102	0,572	1,61	9,03	56,44
11. X.	635	1023	„	+1,4	8,89	1,50	9,53	„	„	0	0	0,102	0,648	1,47	9,33	58,31
12. X.	488	1029	„	+1,7	8,30	1,52	7,42	„	„	0	0	0,129	0,630	1,80	8,78	54,88
13. X.	465	1031,5	„	+2,2	10,23	2,31	10,74	„	„	0	0	0,109	0,507	1,82	8,46	52,88
14. X.	502	1031	„	+2,0	10,04	2,41	12,10	„	„	0	0	0,192	0,964	1,79	8,99	56,19
15. X.	318	1034	„	+2,6	8,27	3,00	9,54	„	„	0	0	0,236	0,750	2,03	6,46	40,38
16. X.	531	1016	„	+0,4	2,12	0,40	2,12	„	„	0	0	0,182	0,966	1,09	5,79	36,19
17. X.	509	1018	„	0	0	0	0	starke Opalesc.	„	0	matte farbige Ringe	0,141	0,718	1,44	7,33	45,81
18. X.	215	1039,5	„	+1,8	3,87	2,10	4,52	„	„	0	0	0,146	0,314	2,45	5,27	32,94

Tabelle X.

Koth: Menge während des betreffenden Versuchs in g: feucht	trocken	Trockensubstanz in %	N-Gehalt während des betreff. Versuchs in %	N-Gehalt während des betreff. Versuchs in g	N-Gehalt pro die in g	N pro die auf Eiweiss umgerechnet in g	Aetherextract während des betreff. Versuchs in %	Aetherextract während des betreff. Versuchs in g	Aetherextract pro die in g	Der Hund erhielt pro Tag an Fleisch in g	an anderen Substanzen in g	an Wasser in ccm: durch die Sonde	an Wasser in ccm: nahm ausserdem spontan	Körpergewicht in g	Bemerkungen
										500 Pferdefleisch			200	3050	
													200	3100	
479	193,8	40,46	8,01	15,52	3,88	24,25	12,52	24,26	8,09				200	3100	
													200	3020	
										500 Pferdefleisch	20 Raffinose in 200 H_2O gelöst		100	3050	Diarrhöe.
													100	3070	Koth breiig.
1085	—	—	—	—	—	—	—	—	—				100	3030	
													100	3020	
										500 Pferdefleisch			200	2980	
													200	3040	
													200	2990	Thier wird zusehends matter.
1260	418,4	33,21	10,17	42,55	5,32	33,25	10,44	43,68	5,46				200	2960	
													200	2960	
													200	2920	
													200	2920	
													200	2950	
										500 Pferdefleisch	20 Galaktose in 200 H_2O gelöst	—	—	2840	
569	197,6	34,73	9,56	18,89	6,30	39,38	11,15	22,03	7,34			—	—	2840	
												—	—	2810	
										500 Pferdefleisch			200	2860	
													200	2750	
1214	419	34,51	10,78	45,17	7,53	47,06	6,22	26,06	6,01				200	2790	
													200	2750	
													200	2780	
													200	2770	
										500 Pferdefleisch; nur 16. X nichts genommen	im ganzen 60 ausgeschm. Butter		100	2730	
													100	2790	
1260	345	27,38	—	—	—	—	—	—	—				100	2850	
													100	2830	Hund sehr matt. Liegt zusammengekauert, kann kaum noch stehen. 18. X. Kann nicht mehr stehen. Nimmt liegend mit gut. Appetit sein Fleisch. 19. X. Gewicht d. todten Thieres **2570 g**
													100	2640	
													100	2720	

Hund II. Tabelle XI.

Versuchsdauer	Gesammtnahrung in g	Gesammt-zucker-menge in g	Differenz in der Zucker-ausscheidung in g	Gesammt-stickstoff in g	D : N	Differenz in der Zuckerausscheidung, ermittelt durch Multiplication von D : N der Vorperiode mit dem N-Gehalt der Versuchstage
1893						
4. IV. bis 7. IV.	3000 Pferdefleisch, 1000 Rindfleisch	5,19		72,01	0,07	
8. IV. bis 11. IV.	2606 Pferdefl., 250 rohes Rindspankreas	76,30	+ 71,11	76,57	1,00	
12. IV. bis 14. IV.	1650 Pferdefleisch	22,16		34,73	0,64	
15. IV. bis 17. IV.	1600 Pferdefl., 150 gekocht. Rindspankreas	22,18	+ 0,02	37,68	0,59	
18. IV. bis 21. IV.	2000 Pferdefl., 80 ausgeschmolz. Butter	8,49		45,43	0,19	
22. IV. bis 25. IV.	2000 Pferdefl., 80 ausgeschmolz. Butter 200 rohes Rindspankreas	83,96	+ 75,47	61,07	1,37	
26. IV. bis 29. IV.	4000 Pferdefleisch	75,25		75,78	0,99	
30. IV. bis 3. V.	4000 Pferdefleisch, 80 Maizena	128,13	+ 52,88	67,93	1,89	+ 60,88
7. V. bis 9. V.	3000 Pferdefleisch	124,96		59,51	2,1	
10. V. bis 12. V.	3000 Pferdefleisch, 60 Traubenzucker	167,07	+ 42,11	58,29	2,87	+ 44,66
16. V. bis 19. V.	2000 Pferdefleisch	92,05		46,37	1,99	
20. V. bis 23. V.	2000 Pferdefleisch, 80 Lävulose	140,59	+ 48,54	49,40	2,85	+ 42,28
29. V. bis 30. V.	2000 Pferdefleisch	78,48		36,11	2,17	
31. V. bis 1. VI.	2000 Pferdefleisch, 40 Rohrzucker	116,15	+ 37,67	35,85	3,23	+ 38,36
5. VI. bis 8. VI.	2000 Pferdefleisch	88,82		44,92	1,98	
9. VI. bis 12. VI.	2000 Pferdefleisch, 80 Milchzucker	156,88	+ 68,06	52,42	2,99	+ 53,09
13. VI. bis 16. VI.	2000 Pferdefleisch	106,40		48,93	2,17	
17. VI. bis 20. VI.	2000 Pferdefleisch, 80 Glycerin	113,07	+ 6,67	42,70	2,55	+ 20,41

25. VI. bis 28. VI.	2000 Pferdefleisch	85,85		42,48	2,02	
29. VI. bis 2. VII.	2000 Pferdefleisch, 80 Gummi arabicum	89,99	+ 4,14	46,42	1,94	— 3,78
3. VII. bis 6. VII.	1500 Pferdefleisch, 500 Rindfleisch	78,27		46,10	1,70	
7. VII. bis 10. VII.	2000 Pferdefleisch, 1600 ccm Milch	125,23	+ 46,96	50,63	2,47	+ 39,16
11. VII. bis 14. VII.	2000 Pferdefleisch	77,98		41,56	1,88	
15. VII. bis 18. VII.	2000 Pferdefleisch, 80 Inulin	89,13	+ 11.15	45,93	1,94	+ 8,37
19. VII. bis 22. VII.	2000 Pferdefleisch	80,29		49,80	1,61	
23. VII. bis 26. VII.	2000 Pferdefleisch 200 ausgeschmolzene Butter	33,49	— 46,80	48,91	0,76	—
27. VII. bis 30. VII.	2000 Pferdefleisch	62,41		42,58	1,47	
31. VII. bis 3. VIII.	2000 Pferdefleisch, 80 Maltose	129,67	+ 67,26	44,25	2,93	+ 64,62
5. VIII. bis 8. VIII.	2000 Pferdefleisch	86,95		49,98	1,74	
9. VIII. bis 12. VIII.	2000 Pferdefleisch, 140 Lävulose	143,60	+ 56,65	48,14	2,98	+ 59,84
13. VIII. bis 15. VIII.	1500 Pferdefleisch	52,74		37,72	1,40	
16. VIII. bis 18. VIII.	1500 Pferdefl., 150 rohes Rindspankreas	73,02	+ 20,28	48,19	1,52	
19. VIII. bis 21. VIII.	1500 Pferdefleisch	46,18		30,53	1,51	
22. VIII. bis 24. VIII.	1500 Pferdefleisch, 240 Tafelbrödchen	71,06	+ 24,88	29,08	2,44	+ 27,15
27. VIII. bis 29. VIII.	1500 Pferdefleisch	43,29		31,20	1,39	
30. VIII. bis 1. IX.	1500 Pferdefl., 300 rohes Rindspankreas	111,66	+ 68,37	50,34	2,22	
18. IX. bis 21. IX.	2000 Pferdefleisch	57,79		44,94	1,29	
22. IX. bis 25. IX.	2000 Pferdefleisch, 80 Raffinose	62,70	+ 4,91	40,63	1,54	+ 10,29
1. X. bis 3. X.	1500 Pferdefleisch	26,78		28,42	0,94	
4. X. bis 6. X.	1500 Pferdefleisch, 60 Galaktose	84,34	+ 57,56	29,06	2,90	+ 57,02
7. X. bis 12. X.	3000 Pferdefleisch	46,96		50,69	0,93	
13. X. bis 18. X.	2500 Pferdefl.. 60 ausgeschmolz. Butter	24,30	+ 22,66	42,30	—	

Hund II. Tabelle XIII.

Dauer der Versuche	Nahrung in g	Einnahme in g		N-Ausgabe in g				Procentisch. Verlust in g		N-Bilanz	Differenz im Körpergew. zwischen den Versuchsreihen in g	Bemerkungen
		N	Fett	Harn	Koth	Gesammt-N	Fett	N	Fett			
1893 4. IV. bis 7. IV.	3000 Pferdefl., 1000 Rindfleisch	127,0	40,50	72,01	49,16	121,17	41,57	38,71	102,6	+ 5,83	0	
8. IV. „ 11. IV.	2606 Pferdefleisch, 250 rohes Rindspankreas	—	152,89*)	76,57	6,05	—	18,32	—	11,98	—	— 50	*) Nur annähernder Werth, da das Erbrochene nicht analysirt wurde
12. IV. „ 14. IV.	1650 Pferdefleisch	55,39	51,98	34,73	21,21	55,94	36,03	38,29	69,32	— 0,55	— 50	
15. IV. „ 17. IV.	1600 Pferdefleisch, 150 gekochtes Rindspankreas	58,48	30,58	37,63	21,62	59,25	30,56	36,97	99,93	— 0,77	— 80	
18. IV. „ 21. IV.	2000 Pferdefleisch, 80 ausgeschmolzene Butter	67,30	139,70	15,43	20,93	66,36	77,29	31,10	55,33	+ 0,94	+ 20	
22. IV. „ 25. IV.	2000 Pferdefl., 80 ausgeschmolz. Butter, 200 roh. Rindspankreas	67,00	179,30	61,07	4,44	65,51	27,85	6,63	15,53	+ 1,49	+ 180	
26. IV. „ 29. IV.	4000 Pferdefleisch	137,50	88,80	75,78	57,44	133,22	70,42	41,77	79,30	+ 4,28	+ 50	
30. IV. „ 3. V.	4000 Pferdefleisch, 80 Maizena	130,20	71,00	67,93	61,63	129,56	68,06	47.33	95,86	+ 0,64	0	
4. V. „ 9. V.	6000 Pferdefleisch	190,0	101,00	115,99	64,89	180,88	89,83	34,15	88,94	+ 9,12	— 50	
10. V. „ 13. V.	3500 Pferdefleisch, 80 Traubenzucker	121,85	148,00	70,31	50,28	120,59	94,93	41,26	64,14	+ 1,26	— 120	
14. V. „ 19. V.	3618 Pferdefleisch	123,25	174,60	76,43	46,68	123,11	126,55	37,87	72,48	+ 0,14	— 30	
20. V. „ 23. V.	2000 Pferdefleisch, 80 Lävulose	72,20	44,60	49,40	19,37	68,77	24,05	26,83	60,16	+ 3,43	— 120	
24. V. „ 30. V.	5500 Pferdefleisch	175,60	53,35	104,02	66,22	170,24	57,93	37,71	108,58	+ 5,36	— 80	
31. V. „ 2. VI.	2404 Pferdefl., 60 Rohrzucker	80,29	40,87	46,36	33,72	80,08	40,38	42,00	98,80	+ 0,21	— 230	
3. VI. „ 8 VI.	3000 Pferdefleisch	100,20	51,00	65,08	40,51	105,59	48,18	40,43	94,47	— 5,39	— 60	
9. VI. „ 12. VI.	2000 Pferdefl., 80 Milchzucker	67,10	69,20	52,42	11,09	63,51	15,39	16,53	22,24	+ 3,59	— 30	
13. VI. „ 16. VI.	2000 Pferdefleisch	67,40	104,40	48,93	16,54	65,47	48,18	24,54	46,15	+ 1,93	+ 10	
17. VI. „ 20. VI.	2000 Pferdefleisch, 80 Glycerin	63,40	37,60	42,70	20,95	63,65	30,76	33,04	81,81	— 0,25	— 110	
21. VI. „ 28. VI.	4000 Pferdefleisch	134,50	58,40	84,55	50,28	134,83	61,71	37,38	105,65	— 0,33	— 480	

29. VI. „ 2. VII.	2000 Pferdefleisch, 80 Gummi arabicum	68,80	53,80	46,42	17,63	64,05	52,60	25,68	97,77	+ 4,75	+ 120	
3. VII. „ 6. VII.	1500 Pferdefl., 500 Rindfleisch	67,10	37,30	46,10	22,21	68,31	39,94	33,10	107,07	— 1,21	+ 10	
7. VII. „ 10. VII.	2000 Pferdefl., 1600 ccm Milch	74,64	84,72	50,63	22,87	73,50	49,40	30,64	58,31	+ 1,14	— 180	
11. VII. „ 14. VII.	2000 Pferdefleisch	62,60	12,20	41,56	22,02	63,58	19,83	35,18	162,54	— 0,98	+ 50	
15. VII. „ 18. VII.	2000 Pferdefleisch, 80 Inulin	68,45	16,40	45,93	20,17	66,10	20,36	29,47	124,14	+ 2,35	— 70	
19. VII. „ 22. VII.	2000 Pferdefleisch	70,40	17,80	49,80	16,22	66,02	19,53	23,04	109,72	+ 4,38	— 30	
23. VII. „ 26. VII.	2000 Pferdefleisch, 200 ausgeschmolzene Butter	67,50	221,98	43,91	17,76	61,67	155,84	26,31	70,20	+ 5,88	— 170	
27. VII. „ 30. VII.	2000 Pferdefleisch	66,00	18,80	42,58	23,48	66,06	20,71	35,58	110,15	— 0,06	+ 120	
31. VII. „ 3. VIII.	2000 Pferdefleisch, 80 Maltose	66,00	18,80	44,25	17,85	62,10	19,06	27,05	101,38	+ 3,90	— 20	
4. VIII. „ 8. VIII.	2000 Pferdefl., 500 Rindfleisch	82,55	47,20	59,54	20,45	79,99	37,91	24,77	80,32	+ 2,56	— 60	
9. VIII. „ 12. VIII.	2000 Pferdefl., 140 Lävulose	66,40	38,60	48,14	17,27	65,41	32,93	26,01	85,81	+ 0,99	— 20	
13. VIII. „ 15. VIII.	1500 Pferdefleisch	50,10	—	37,72	10,33	48,05	—	20,61	—	+ 2,05	— 20	
16. VIII. „ 18. VIII.	1500 Pferdefleisch, 150 rohes Rindspankreas	53,55	31,44	48,19	3,99	52,18	13,87	7,45	44,12	+ 1,37	— 30	
19. VIII. „ 21. VIII.	1500 Pferdefleisch	46,65	13,95	30,53	17,47	48,00	17,03	37,44	122,08	— 1,35	+ 50	
22. VIII. „ 24. VIII.	1500 Pferdefl., 240 Tafelbrod	50,08	—	29,08	—	—	—	—	—	—	— 70	
25. VIII. „ 29. VIII.	2500 Pferdefleisch	82,75	27,50	50,10	28,98	79,08	28,77	35,02	104,62	+ 3,67	+ 20	
30. VIII. „ 1. IX.	1500 Pferdefleisch, 300 rohes Rindspankreas	55,31	26,16	50,34	1,71	52,05	2,38	3,09	9,10	+ 3,26	— 180	
2. IX. „ 10. IX.	4500 Pferdefleisch	142,65	48,15	103,51	45,11	148,62*)	60,52	31,62	—	—	— 50	*) Abgrenzung gegen 11. IX. unsicher wegen eintretender Diarrhoe
11. IX. „ 17. IX.	3210 Pferdefl., 20 Raffinose	108,79	—	62,18	—	—	—	—	—	—	— 140	
18. IX. „ 21. IX	2000 Pferdefleisch	66,70	24,70	44,94	15,52	60,46	24,26	23,27	98,22	+ 6,24	0	
22. IX. „ 25. IX.	2000 Pferdefl., 80 Raffinose	65,10	—	40,63	—	—	—	—	—	—	— 70	
26. IX. „ 3. X.	4000 Pferdefleisch	129,90	41,30	81,93	42,55	124,48	43,68	32,76	105,76	+ 5,42	— 140	
4. X. „ 6. X.	1500 Pferdefl., 60 Galaktose	48,90	19,80	29,06	18,89	47,95	22,03	38,63	111,26	+ 0,95	+ 20	
7. X. „ 12. X.	3000 Pferdefleisch	98,90	20,40	50,69	45,17	95,86	26,06	45,72	127,75	+ 2,94	— 130	
13. X. „ 18. X.	2500 Pferdefleisch, 60 ausgeschmolzene Butter	—	—	42,30	—	—	—	—	—	—	— 160	Hund nahm 16. X. keine Nahrung

Hund II. Tabelle XII.

Analysen der Nahrung.

Zeit, in der die Nahrung gereicht wurde	Bezeichnung der Nahrung	Procentischer Gehalt an			Kohlehydraten	Bemerkungen
		Trockensubstanz	Stickstoff	Fett		
1893						
4. IV. bis 6. IV.	Pferdefleisch	21,49	3,10	0,92		
7. IV.	Rindfleisch	24,41	3,40	1,29	—	
8. IV. bis 12. IV.	Pferdefleisch	27,10	3,24	5,10	Glykog. 0,78	
8. IV. bis 10. IV.	Rindspankreas	27,43	3,01	7,29	—	
11. IV.	„	28,48	—	10,80	—	
13. IV.	Pferdefleisch	26,71	3,45	2,93	—	
14. IV. bis 19. IV.	„	26,14	3,38	1,42	—	
15. IV. bis 17. IV.	Rindspankreas	26,27	2,93	5,24	—	
20. IV. bis 25. IV.	Pferdefleisch	28,66	3,35	4,55	—	Von diesem Fleisch erhielt der Hund 26. IV. noch 500 g
22. IV. bis 25. IV.	Rindspankreas	26,97	2,91	4,15	—	
26. IV. bis 1. V.	Pferdefleisch	25,69	3,45	2,22	—	Von diesem Fleisch erhielt der Hund 2. V. noch 500 g
2. V. bis 7. V.	„	24,03	2,93	1,33	—	
8. V. bis 11. V.	„	28,61	3,64	2,39	—	
12. V. bis 16. V.	„	30,55	3,27	6,68	—	
17. V. bis 25. V.	„	27,45	3,61	2,23	—	
26. V. bis 30. V.	„	22,87	3,10	0,69	—	
31. V. bis 10. VI.	„	24,70	3,34	1,70	—	
11. VI. bis 16. VI.	„	29,10	3,87	5,22	—	
17. VI. bis 21. VI.	„	24,64	3,17	1,88	—	
22. VI. bis 28. VI.	„	25,66	3,39	1,40	—	
29. VI. bis 3. VII.	„	27,29	3,44	2,69	—	
4. VII.	Rindfleisch	23,70	3,22	1,61	—	
7. VII. bis 10. VII.	Milch	—	0,44	3,32	Milchzucker 4,20	
5. VII. bis 10. VII.	Pferdefleisch	25,43	3,38	1,58	—	
11. VII. bis 15. VII.	„	23,66	3,13	0,65	—	
16. VII. bis 22. VII.	„	25,49	3,52	0,89	—	
23. VII. bis 25. VII.	„	24,85	3,40	1,15	—	
26. VII. bis 3. VIII.	„	24,06	3,30	0,94	—	
4. VIII.	Rindfleisch	24,03	3,23	1,72	—	
5. VIII. bis 12. VIII.	Pferdefleisch	25,64	3,32	1,93	—	
13. VIII. „ 18. VIII.	„	25,08	3,34	1,64	—	
16. VIII. „ 18. VIII.	Rindspankreas	22,40	2,30	4,56	—	
22. VIII. „ 24. VIII.	Tafelbrödchen	71,75	1,43	0,61	Amylum 53,23	
19. VIII. „ 24. VIII.	Pferdefleisch	22,09	3,11	0,93	—	
25. VIII. „ 30. VIII.	„	24,90	3,31	1,10	Glykog. 0,77	
31. VIII. bis 5. IX.	„	23,93	3,12	0,62	—	
30. VIII. bis 1. IX.	Rindspankreas	24,79	2,52	4,82	—	
6. IX. bis 12. IX.	Pferdefleisch	26,80	3,21	1,43	Glykog. 3,08	
13. IX. bis 18. IX.	„	26,10	3,44	2,36	—	
19. IX. bis 22. IX.	„	27,25	3,30	0,86	—	
23. IV. bis 30. IX.	„	23,76	3,24	0,86	—	
1. X. bis 6. X.	„	24,63	3,26	1,32	—	
7. X. bis 10. X.	„	23,73	3,36	0,54	—	
11. X. bis 17. X.	„	24,65	3,16	0,96	—	

Zweiter Theil.

Diabetes mellitus nach Fütterung mit Fleisch und rohem Pankreas bei Hunden, denen das Pankreas kurze Zeit vorher bis auf 1/4 oder 1/5 exstirpirt war.

Nach v. Mering und Minkowski[1]) tritt nach partieller Exstirpation des Pankreas ein Diabetes mellitus in der Regel nicht auf, selbst wenn das zurückgebliebene Stück der Drüse mit dem Darm nicht mehr in Verbindung steht. Doch darf dieses Stück nicht zu klein sein: In 2 Fällen, in welchen die zurückgebliebenen Theile nur etwa 1/12 bezw. 1/15 des Organs betrugen, beobachtete Minkowski „das Auftreten eines Diabetes mellitus schwerster Form, ähnlich wie nach der Totalexstirpation.

In drei weiteren Fällen, in welchen ungefähr 1/8—1/12 der Drüse zurückgelassen wurde, trat eine Art von alimentärer Glykosurie auf, welche man als leichteste Form des Diabetes bezeichnen konnte“ [2]).

Da bei dem bereits diabetischen Hund II im I. Theil dieser Arbeit nach Fütterung mit Fleisch und Pankreas ohne Zweifel eine bedeutende Steigerung der Zuckerausscheidung eingetreten war, fühlte ich mich veranlasst, dieselben Versuche kurze Zeit nach der Operation an Hunden anzustellen, denen grössere Stücke, etwa 1/4 bis 1/5 des ganzen Pankreas in der Bauchhöhle belassen waren. Es wurden in dieser Weise 3 Hunde gefüttert, bei denen Stücke vom freien Ende der Portio duodenalis in einer Ausdehnung von 7 cm bis 12 cm stehen blieben. Diese Thiere wurden diabetisch, wenn sie auf einmal in genügender Menge Pferdefleisch nahmen, dem rohes Pankreas zugefügt war. Wurden diese Versuche nach nicht zu langer Zeit wiederholt, so hielt die Glykosurie meist auch in der Zwischenzeit nach einfacher Fütterung mit Pferdefleisch an.

1) Centralblatt f. klin. Medicin, 1890, Nr. 5.

2) Archiv f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 31 S. 114.

Das Gelingen der Versuche mit Fleischpankreasfütterung hängt von vielen Momenten ab. Zunächst müssen die Thiere die Folgen der Operation völlig überstanden haben und bereits genügend Nahrung zu sich nehmen. Man hat im Allgemeinen bei so operirten Thieren auf 1000 g Körpergewicht etwa 100 g Pferdefleisch zu rechnen. Ferner darf natürlich weder Erbrechen noch Diarrhöe eintreten, wie es nach Fütterung mit rohem Pankreas nicht selten vorkommt.

Eine weitere Bedingung ist, dass gutes Pferdefleisch, wenn möglich von einem frisch geschlachteten Thier, gegeben wird. Die Beschaffenheit des Fleisches ist namentlich für die Versuche kurze Zeit nach der Operation von grösster Wichtigkeit. Es geht dies mit Deutlichkeit aus der Versuchsreihe 9. XI.—12. XI. von Hund III hervor, in der während der ersten beiden Tage bis zu 12 g Zucker entleert wurden, während an den beiden anderen nach Verfütterung neuen Fleisches der Zuckergehalt bis auf eine geringe Menge und sogar auf Null herunterging.

Ferner ist es durchaus erforderlich, für die Operation Thiere zu wählen, an denen der Katheterismus leicht und auf längere Zeit ohne Störung des Allgemeinbefindens ausführbar ist. Es wurden daher nur weibliche Hunde verwendet, die nach Ph. Falck vorbereitet waren. Es tritt nämlich stets bei den Thieren nach Fleischpankreasfütterung ein erhöhtes Durstgefühl ein. Mit der vermehrten Wasserzufuhr steigt auch die Harnmenge nicht unbeträchtlich an. Halten nun die Thiere längere Zeit den Harn, so können für die Untersuchung sehr wohl Zuckermengen entgehen, wie sie in den ersten Versuchen nach der Operation auftreten.

Der Gang der Ernährung und Harnuntersuchung war im Allgemeinen folgender: Die Hunde erhielten 8 Uhr früh ihre Nahrung (Fleisch wie Pankreas wurden vorher in der Hackmaschine zerkleinert), die meistens in wenigen Minuten mit grosser Gier genommen wurde. Zwei Stunden nach der Nahrungsaufnahme wurden sie zum ersten Male katheterisirt. Der Katheterismus wurde dann Tags über von 2 zu 2 Stunden wiederholt. Während der ersten Versuche nach der Operation erwies sich meistens nur der 2 Stunden nach der Nahrungsaufnahme entnommene Harn zuckerhaltig. In

weiteren Versuchen erstreckte sich die Zuckerausscheidung auf den ganzen Tag und später auch auf die Nacht.

Zur schärferen Charakterisirung des ausgeschiedenen Zuckers wurde vielfach, namentlich in den Anfangsversuchen, wenn es sich um geringe Zuckermengen handelte, das Osazon dargestellt, dessen Schmelzpunkt stets mit dem reinsten Dextrosazons zusammenfiel.

Für das Gelingen solcher Versuche war, namentlich in den Versuchen kurze Zeit nach der Operation, sicher neben anderem der Kohlehydratgehalt des Pferdefleisches von grosser Bedeutung [1]). Es wurde daher von jedem neu bezogenen Fleisch eine Durchschnittsanalyse zur Bestimmung des Glykogengehaltes ausgeführt [2]).

Für die Erklärung dieses Diabetes könnte man vielleicht anführen wollen, dass bei der Anstellung der ersten Versuche bereits eine erhebliche Atrophie des zurückgelassenen Stückes eingetreten sei. Einem solchen Einwande glaube ich in doppelter Weise begegnet zu sein, zunächst dadurch, dass die Versuche möglichst bald nach der Operation angestellt wurden, und ferner dadurch, dass die zurückgelassenen Stücke stets mit ihren ernährenden Gefässen völlig in Zusammenhang blieben. Das freie Ende der Portio duodenalis wird bekanntlich von 2 grösseren Gefässen, einer Arterie und Vene versorgt, die meistens in die Spitze, doch auch nicht selten seitlich eintreten.

Der Hauptgrund für das Zustandekommen eines solchen Diabetes dürfte, wie bereits im I. Theil dieser Arbeit hervorgehoben ist, gelegen sein in der besseren Ausnützung der eingeführten Nährstoffe, namentlich auch der im Fleisch enthaltenen Kohlehydrate. Wenigstens sind die Kohlehydrate für das Gelingen der ersten Versuche nach der Operation von der grössten Wichtigkeit. Längere Zeit nach der Operation gelang es allerdings auch, durch Zulage von rohem Pankreas zu Fleisch, in dem keine Spur Glykogen nachzuweisen war, eine beträchtliche Steigerung der Zuckerausscheidung hervorzurufen. Der Diabetes in der Zwischenzeit bei

1) Aldehoff fand sogar nach neuntägiger Carenz bei zwei alten, nicht schlecht ernährten Pferden im M. glutaeus maximus 2,43 resp. 0,98% und im M. latissimus dorsi 1,28 resp. 1,34% Glykogen. Zeitschr. f. Biologie Bd. 25 S. 148.

2) Maassgebend für sämmtliche Versuchstage sind natürlich diese Analysen nicht, da bekanntlich der Glykogengehalt des Fleisches nach und nach abnimmt.

einfacher Fütterung mit Pferdefleisch kann wohl nur beruhen auf der Wirkung der nach Pankreasfütterung im Darm noch haftenden Fermente. Es war wohl klar, dass die Wirkung des rohen Pankreas nur eine fermentative sein konnte. Um jedem Einwande zu begegnen, wurden verschiedene Versuche mit gleichen Mengen Fleisch und gekochtem Pankreas ausgeführt. Das Resultat fiel, wie zu erwarten stand, negativ aus.

Je später nach der Operation Versuche mit Fleisch und rohem Pankreas angestellt werden, um so weniger beweisen sie natürlich für die Frage, ob bei gut erhaltenen Stücken in der Grösse von 1/4 bis 1/3 des ganzen Pankreas Zucker im Harn auftreten kann. Trotzdem sind an Hund I und II die Versuche längere Zeit fortgesetzt worden, um weitere Belege für die Steigerung der Zuckerausscheidung nach solchen Fütterungen zu erhalten.

Besondere Erwähnung verdient noch eine Versuchsreihe mit Fleisch, Pankreas und Stärkekleister. (Hund I u. II, Versuchsreihe 24. X. — 29. X.) Bei Hund I erfolgte nach Zulage von 60 g Stärke in verkleisterter Form und gekochtem Pankreas zum Fleisch keine Steigerung der Zuckerausscheidung gegenüber den vorhergehenden Fleischtagen, bei Hund II trat ein Plus von etwa 10 g ein. Nach Zulage von Stärke in derselben Menge und Form und rohem Pankreas zum Fleisch stieg bei beiden Thieren allerdings die Zuckerausscheidung beträchtlich an. Die Deutung dieser Versuche ist aber nicht ganz leicht, da ja bereits nach Fütterung mit Fleisch und rohem Pankreas allein eine erhebliche Steigerung erfolgte. Gleichwohl glaube ich durch Vergleichung mit der Zuckerausscheidung in den Versuchsreihen, worin nur Fleisch und rohes Pankreas verfüttert wurde, annehmen zu dürfen, dass durch Zulage von rohem Pankreas zur Stärke die Zuckerausscheidung noch mehr gestiegen ist. In den letzten Versuchsreihen (10. X. — 13. X.) mit Fleisch und rohem Pankreas entleerte Hund I im Mittel pro die etwa 11 g, Hund II im Mittel pro die etwa 16 g Dextrose. Nach Verfütterung von Fleisch, rohem Pankreas und Stärke wurden ausgeschieden pro die im Mittel von Hund I etwa 20 g, von Hund II etwa 19 g.

In weiteren Versuchen, in denen Hund I unter Weglassung des Fleisches nur mit rohem Pankreas in entsprechender Menge gefüttert wurde, hat sich ferner ergeben, dass auch durch rohes Pankreas allein die Zuckerausscheidung gesteigert wird. Am 24. XI. schied der Hund nach Aufnahme von 1200 g rohem Pankreas, trotzdem Erbrechen und Diarrhöe eingetreten war, 12,60 g aus gegenüber 1,56 g des vorhergehenden Tages, an dem er 1200 g Rindfleisch gefressen hatte. Weit beweisender sind die Versuche 6. XII. und 7. XII., in denen der Hund genau dieselbe Nahrung erhielt, nur mit dem Unterschied, dass 6. XII. das Pankreas gekocht, 7. XII. roh war. Nach gekochtem Pankreas schied der Hund nur 3 g Zucker aus, während nach gleichen Mengen rohen Pankreas 54,68 g in 24 Stunden entleert wurden.

Die genaueren Resultate sämmtlicher Versuchsreihen, sowie der Glykogengehalt des Fleisches sind in den Tabellen von Hund I, II und III zusammengestellt.

Von Hund III liegen allerdings nur wenige, aber doch völlig beweisende Versuche vor. Das Thier wurde später krank und nahm nicht mehr genügend Nahrung zu sich.

Aus den Versuchen geht hervor, dass Hunde, denen das Pankreas bis auf Stücke, die nicht mehr mit dem Darm zusammenhängen, in der Grösse von $^1/_4$ bis $^1/_8$ des ganzen Organs exstirpirt ist, in nicht zu langer Zeit nach der Operation diabetisch werden, wenn sie in genügender Menge auf einmal Pferdefleisch nehmen, dem rohes Pankreas zugefügt ist, dass ferner die Glykosurie meistens auch in der Zwischenzeit nach einfacher Fütterung mit Pferdefleisch anhält, wenn die Versuche mit Fleisch und rohem Pankreas von Zeit zu Zeit wiederholt werden.

Hund I. Tabelle A.

Jagdhund, Weibchen. Gewicht: 15 500 g.

Exstirpirtes Stück { 24 cm lang, 30,6 g schwer }
Zurückgelassenes Stück (das freie Ende der Portio duodenalis) { 7 cm lang, 3 „ breit }
} Operation: 11. VIII. 93.

Datum	24stündige Harnmenge in ccm	Specifisches Gewicht	Reaction	Zuckergehalt in g	Gesammtzuckergehalt während der Versuchstage in g	Nahrung pro die in g	Bemerkungen
1893							
7. IX.	918	1033	sauer	0,32	14,64	1000 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	Gewicht: 11400 g
8. IX.	1573	1030	„	3,05			8.IX. 10^h 110 ccm Drehung + 2,2 % 12^h 158 „ „ + 0,4 „ von 12^h ab 0.
9. IX.	1330	1028	„	4,44			Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 3,08 %.
10. IX.	1122	1036	„	6,83			10.IX. 10^h 94 ccm Drehung + 3,4 % 12^h 165 „ „ + 2,2 „ von 12^h ab 0.
11. IX.	1011	1028	„	0,61	6,65	1000 Pferdefleisch, 200 gekochtes Rindspankreas	Gewicht: 12070 g.
12. IX.	928	1027	„	0,63			
13. IX.	1131	1026	„	2,02			
14. IX.	973	1030	„	3,39			Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 0,7 %.
15. IX.	849	1032	„	0,74	3,88	1200 Pferdefleisch	
16. IX.	821	1030	„	2,44			
17. IX.	809	1034	„	0,39			
18. IX.	743	1032	„	0,31			
19. IX.	941	1027	„	0	16,91	1000 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 1,5 %. 19. IX. Erbricht etwa 1/3 der ganzen Nahrung.
20. IX.	963	1036	„	3,08			
21. IX.	1123	1088	„	5,73			21. IX. 10^h 160 ccm Drh. + 3,0 % v. 12^h; 12^h 155 „ „ + 0,6 „ ab 0.
22. IX.	1027	1088	„	7,79			22. IX. 10^h 135 „ „ + 2,70 „ v. 12^h; 12^h 230 „ „ + 1,80 „ ab 0. Starke Diarrhöe!
23. IX.	948	1035	„	0,31			23. IX. Neues Pferdefleisch. Glykogengehalt 1,28 %.
24. IX.	722	1038	„	1,22	1,63	1200 Pferdefleisch	
25. IX.	710	1036	„	0,41			
26. IX.	663	1037	„	0			

27. IX.	880	1040	sauer	0,87	5,47	1000 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	
28. IX.	887	1038	„	2,58			
29. IX.	995	1038	„	0,70			
30. IX.	988	1039	„	1,32			
1. X.	833	1030	„	0		1200 Pferdefleisch	Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 1,28 %. Diarrhöe!
2. X.	888	1029	„	0,24			
3. X.	670	1035	„	+ Spur			
4. X.	674	1038	„	0			
5. X.	600	1049	„	0 starke Reduct.		1000 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	
6. X.	758	1035	„	1,80	9,47	1200 Pferdefleisch	Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 0,11 %.
7. X.	696	1040	„	0,69			
8. X.	580	1044	„	1,74			
9. X.	780	1044	„	5,24			
10. X.	1207	1037	„	13,57	42,61	1000 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	Harn in ccm / Zucker % / g: 10. X. 10h 140 3,2 4,48 12h 220 2,0 4,40 2h 140 0,7 0,98 5h 227 1,0 2,27 11. X. 8h früh 480 0,3 1,44
11. X.	1243	1040	„	14,55			
12. X.	1020	1041	„	3,59			12. X. Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 0,39 %.
13. X.	919	1045	„	10,90			
14. X.	480	1048	„	6,76	19,65	1200 Pferdefleisch	
15. X.	788	1046	„	5,52			
16. X.	780	1038	„	1,75			
17. X.	819	1044	„	5,62			
18. X.	789	1042	„	1,46	3,77	1200 Pferdefleisch	Neues Pferdefleisch. Glykogengeh. 0,11 %.
19. X.	917	1039,5	„	1,59			
20. X.	800	1042	„	0,72			
21. X.	782	1044	„	4,35	13,10	1200 Pferdefleisch	
22 X.	729	1045	„	4,47			
23. X.	820	1040	„	4,28			
24. X.	1172	1028	„	1,66	10,84	1000 Pferdefleisch, 20 Maizena verkleistert, 200 gekochtes Rindspankreas	Gewicht: 13100 g.
25. X.	956	1034	„	3,96			
26. X.	1048	1033	„	5,22			
27. X.	1049	1045	„	17,24	61,47	1000 Pferdefleisch, 20 Maizena verkleistert, 200 rohes Rindspankreas	
28. X.	1150	1042	„	21,67			
29. X.	969	1046	„	22,56			

Hund I. Tabelle B.

Datum	24stündige Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction.	Zuckergehalt in g	Gesammtzuckergehalt während der Versuchstage in g	Nahrung pro die in g	Bemerkungen
30. X.	739	1042	sauer	6,49	15,68	1200 Pferdefleisch	Neues Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,06%
31. X.	730	1045	"	5,20			
1. XI.	729	1042	"	3,99			
2. XI.	725	1035	"	0,65	1,37		
3. XI.	642	1044,5	"	0,72			
4. XI.	550	1045	"	0	6,00	1200 Rindfleisch	Rindfleisch. Glykogengehalt 0,07%
5. XI.	350	1052	"	4,90			
6. XI.	635	1047	"	1,10			
7. XI.	1155	1046	"	17,00	102,10	1000 Rindfleisch. 200 rohes Rindspankreas	
8. XI.	1166	1045	"	28,63			
9. XI.	1445	1040	"	28,70			
10. XI.	1134	1046	"	27,77			
11. XI.	753	1046	"	8,86	21,86	1200 Rindfleisch	Rindfleisch. Glykogengehalt 0,84%
12. XI.	700	1047	"	8,20			
13. XI.	905	1041	"	4,80			
14. XI.	1090	1035	"	10,40	38,46	1200 Pferdefleisch	
15. XI.	835	1042	"	16,20			
16. XI.	593	1048	"	11,86			
17. XI.	550	1046	"	18,75	23,13	1200 Pferdefleisch	Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,49%
18. XI.	740	1048	"	9,38			
19. XI.	810	1047,5	"	17,01	32,41	1200 Rindfleisch	
20. XI.	665	1050	"	9,80			
21. XI.	700	1038	"	5,60			

22. XI.	590	1048	sauer	4,40	5,96	1200 Rindfleisch	Rindfleisch. Glykogengehalt unwägbare Spuren
23. XI.	560	1050	„	1,56			
24. XI.	659	1043	„	12,60		1200 rohes Rindspankreas	
25. XI.	1121	1045	„	42,62	56,26	1200 Rindfleisch	
26. XI.	620	1052	„	13,64			
27. XI.	1060	1037	„	15,58	36,18	1200 Pferdefleisch	
28. XI.	755	1050	„	20,60			
29. XI.	820	1050	„	25,00		1500 Pferdefleisch	Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,09%
30. XI.	940	1043	„	13,44			
1. XII.	930	1061	„	60,89			Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,78%
2. XII.	1200	1049	„	67,20			
3. XII.	1275	1047	„	56,10			
4. XII.	266	1035	„	1,94		Carenz	
5. XII.	252	1025	„	0			
6. XII.	695	1035	„	3,00		1200 gekocht. Rindspankreas	
7. XII.	1440	1047	„	54,68		1200 rohes Rindspankreas	
8. XII.	1070	1041	„	26,75		1500 Pferdefleisch	
9. XII.	620	1038,5	„	+ Spur			
10. XII.	730*	1035	„	0			
11. XII.	800	1028	„	0			
12. XII.	926	1040	„	5,92			
13. XII.	855	1044	„	8,33			
14. XII.	720	1047	„	9,24			* Hund krank. Decubitus am Unterkiefer.
15. XII.	795	1050	„	12,00			
16. XII.	600	1042	„	0			
17. XII.	800	1043	„	starke Reduction 7,65			
18. XII.	887	1044	„	6,39			
19. XII.	740	1050	„	6,24			

Hund II. Tabelle A.
Schäferhund, Weibchen. Gewicht: 11 200.

Exstirpirtes Stück { 29 cm lang, 21,2 g schwer }
Zurückgelassenes Stück (das freie Ende der Portio duodenalis) { 7 cm lang, 3 cm breit }
Operation: 15. IX. 93.

Datum	24 stündige Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Zuckergehalt in g	Gesammtzuckergehalt während der Versuchstage in g	Nahrung pro die in g	Bemerkungen
1893							
27. IX.	773	1035	sauer	0			
28. IX.	693	1040	„	2,83	2,83	800 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	Pferdefleisch. Glykogengehalt 1,28 %. Diarrhöe!
29. IX.	482	1033	„	0			
30. IX.	257	1030	„	0			
1. X.	510	1032	„	0			
2. X.	478	1044	„	0			
3. X.	500	1043	„	0,38	0,38	800 Pferdefleisch	Pferdefleisch. Glykogengehalt 1,28 %.
4. X.	507	1025	„	0			
5. X.	400	1025	„	0			
6. X.	380	1045	„	0,7			
7. X.	330	1051	„	4,62	8,02	800 Pferdefleisch	Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,11 %.
8. X.	220	1062,5	„	0,44			
9. X.	425	1038	„	2,26			
10. X.	743	1045	„	9,39			
11. X.	975	1047	„	15,94	62,66	800 Pferdefleisch, 200 rohes Rindspankreas	Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,39 %.
12. X.	1120	1040	„	21,31			
13. X.	746	1050	„	16,02			
14. X.	517	1042	„	6,23			
15. X.	375	1052	„	3,00	18,45	800 Pferdefleisch	
16. X.	267	1054,5	„	4,77			
17. X.	538	1045	„	4,45			

18. X.	409	1055	sauer	5,99	8,74	800 Pferdefleisch.	Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,11 %.
19. X.	362	1048	"	1,38			
20. X.	406	1052	"	1,37			
21. X.	454	1047,5	"	2,75	6,61	800 Pferdefleisch.	
22. X.	451	1049	"	0			
23. X.	452	1046	"	3,86			
24. X.	760	1036	"	6,08	16,29	800 Pferdefleisch. 20 Maizena verkleistert. 200 gekochtes Rindspankreas.	
25. X.	546	1044	"	2,66			
26. X.	835	1038	"	7,55			
27. X.	1209	1046	"	20,94	56,61	800 Pferdefleisch. 20 Maizena verkleistert. 200 rohes Rindspankreas.	
28. X.	893	1050	"	18,21			
29. X.	1039	1045	"	17,46			
30. X.	497	1050,5	"	4,77		800 Pferdefleisch.	Pferdefleisch. Glykogengehalt 0,06 %.
31. X.	421	1043	"	0,38			
1. XI.	480	1047	"	1,30			
2. XI.	515	1047	"	0,84			
3. XI.	515	1050	"	1,66			
4. XI.	300	1054,5	"	0	0	800 Rindfleisch.	Rindfleisch. Glykogengehalt 0,07 %.
5. XI.	390	1050	"	0			
6. XI.	572	1050,5	"	0			
7. XI.	755	1047	"	0	46,59	800 Rindfleisch. 200 rohes Rindspankreas.	
8. XI.	1090	1045	"	11,84			
9. XI.	1166	1040	"	16,39			
10. XI.	1239	1040	"	18,36			
11. XI.	610	1052	"	8,82	15,15	800 Rindfleisch.	Rindfleisch. Glykogengehalt 0,84 %.
12. XI.	370	1064	"	3,21			
13. XI.	442	1062	"	3,12			
14. XI.	645	1057	"	6,00	16,85	800 Pferdefleisch.	
15. XI.	505	1055	"	7,15			
16. XI.	370	1052	"	8,70			

Hund II. Tabelle B.

Datum	24-stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Zuckergehalt in g	Nahrung pro die in g	Bemerkungen
17. XI.	460	1052	sauer	1,84		Pferdefleisch: Glykogengehalt 0,49 %
18. XI.	588	1050	„	1,55	800 Pferdefleisch	
19. XI.	440	1052	„	0,68		
20. XI.	465	1052	„	0		
21. XI.	377	1054	„	1,13		
22. XI.	450	1057	„	0		Rindfleisch: Glykogengeh.: unwägbare Spuren
23. XI.	440	1057	„	0		
24. XI.	440	1056	„	0	800 Rindfleisch	
25. XI.	320	1046	„	0		
26. XI.	425	1054	„	0		
27. XI.	380	1050	„	0,76		
28. XI.	355	1056	„	0		
29. XI.	365	1054	„	0		Pferdefleisch: Glykogengehalt 0,09 %
30. XI.	325	1055	„	1,30		
1. XII.	450	1058	„	2,00		Pferdefleisch: Glykogengehalt 0,78 %
2. XII.	400	1053	„	4,14		
3. XII.	490	1059	„	6,80		
4. XII.	305	1062	„	0		
5. XII.	405	1058	„	0		
6. XII.	295	1057	„	0	800 Pferdefleisch	Pferdefleisch: Glykogengehalt 0,21 %
7. XII.	375	1056	„	0,71		
8. XII.	345	1059	„	2,34		
9. XII.	285	1058	„	0		
10. XII.	895	1044	„	4,91		
11. XII.	290	1058	„	2,85		
12. XII.	480	1054	„	8,64		
13. XII.	475	1052	„	3,43		
14. XII.	250	1028	„	0	Carenz	
15. XII.	695	1046	„	4,46	800 Pferdefleisch	
16. XII.	125	1035	„	0	Carenz	Operation: Aufsuchung des Restes vom Pankreas. Der Rest wird nicht gefunden
17. XII.	100	1035	„	0	„	
18. XII.	150	1027	„	0	„	
19. XII.	445	1064	„	24,08	500 Pferdefleisch	
0. XII.	475	1065	„	30,40	„	
21. XII.	610	1050	„	17,97	800 „	Pferdefleisch

Hund III.

Jagdhund, Weibchen. Gewicht: 15 270 g.

Exstirpirtes Stück	23 cm lang 26,3 g schwer	Operation: 20. X. 1893.
Zurückgelassenes Stück (das freie Ende der Portio duodenalis)	12 cm lang an der Spitze 5 cm breit oben 2,5 „ breit	

Datum	24-stünd. Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction	Zuckergehalt in g	Gesamtzuckergehalt während der Versuchstage in g	Nahrung pro die in g	Bemerkungen
1893							
31. X.	805	1032	sauer	0,34	—	1500 Pferdefleisch, 300 rohes Rindspankreas (31. X.–6. XI.)	Pferdefleisch: Glykogengehalt 0,06 %
1. XI.	720	1034	„	0	—		
2. XI.	1010	1031	„	0,34	—		
3. XI.	772	1033	„	0,20	—		
4. XI.	665	1034	„	0	—		
5. XI.	615	1038	„	0,23	—		
6. XI.	1080	1034	„	0,12	—		
7. XI.	886	1040	„	0,82	—	1500 Pferdefleisch (7.–8. XI.)	
8. XI.	699	1040	„	0	—		
9. XI.	731	1035	„	1,60	12,33 (9.–12. XI.)	1500 Pferdefleisch 300 roh. Rindspankreas (9.–12. XI.)	Neues Pferdefleisch: Glykogengehalt 1,2 %
10. XI.	1431	1036	„	10,13			Neues Pferdefleisch: Glykogengehalt 0,60 %
11. XI.	998	1032	„	0,60			Lässt 100 g zurück
12. XI.	865	—	„	+ Spur			Lässt 300 g zurück

Zur Kenntniss des Protagons.

Von

Dr. W. G. Ruppel.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Liebreich[1]) stellte im Jahre 1865 aus thierischem Gehirn eine Substanz dar, welcher er den Namen Protagon beilegte. Zur Darstellung dieses Körpers verfuhr Liebreich folgendermaassen:

Das von den Häuten sorgfältig befreite Gehirn von Thieren, welche durch Verbluten getödtet waren, zerrieb er in einem Mörser, rührte es mit Wasser zu einem Brei an und behandelte diesen mit Aether bei 0° C. Nach mehrstündigem Stehen schied sich eine Flüssigkeit ab, welche er durch Abheben entfernte, um den Rückstand von neuem mit gekühltem Aether zu behandeln. Nach der Entfernung des Aethers wurde die zurückbleibende Masse mit Alcohol (85 %) übergossen, 12—14 Stunden lang auf 45° erwärmt und hierauf heiss filtrirt. Beim Abkühlen der Lösung auf 0° schied sich in reichlicher Menge ein weisser flockiger Niederschlag aus, der auf einem Filter gesammelt und mit kaltem Aether solange gewaschen wurde, bis das Filtrat frei von Cholesterin war. Um den im Vacuum getrockneten Rückstand umzukrystallisiren, löste ihn Liebreich in Alkohol bei 45° und liess die Lösung möglichst langsam erkalten.

---

[1]) Liebreich, Ueber die chemische Beschaffenheit der Gehirnsubstanz. Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. 134 S. 29.

Auf diese Weise erhielt er einen schneeweissen Körper, welcher aus feinen, mikroskopisch kleinen, rosettenförmig angeordneten Nadeln bestand, die, wenn die Lösungen möglichst concentrirt waren, ein gekrümmtes Aussehen annahmen. Die neue Verbindung war in kaltem Alkohol und Aether nur sehr wenig löslich, löste sich dagegen leicht in Alkohol bei 45° und schien bei weiterer Temperaturerhöhung der alkoholischen Lösung eine Veränderung zu erleiden.

In Wasser quoll die Substanz stärkeähnlich auf und gab schliesslich eine opalescirende Lösung.

Beim Kochen mit Barytwasser wurde das Protagon zerlegt. Die Zersetzungsproducte sind Glycerinphosphorsäure, Fettsäuren, aus welchen sich Stearinsäure isoliren liess, und eine Base, deren wohlcharakterisirte Platinverbindung Liebreich analysirte. Diese Base, welche ihr Entdecker Neurin nannte, erwies sich später als identisch mit dem von Wurtz synthetisch dargestellten Cholin.

Auf Grund der Liebreich'schen Entdeckung erblickten verschiedene Autoren in dem Protagon die Muttersubstanz aller im Thierkörper vorkommenden phosphorhaltigen Verbindungen und waren bestrebt, ihr Vorkommen in verschiedenen flüssigen und festen Bestandtheilen des thierischen Organismus nachzuweisen.

So glaubten Hermann[1]) und Hoppe-Seyler[2]) Protagon im Blute gefunden zu haben. Letzterer berechnete sogar den Gehalt der rothen Blutkörperchen an Protagon und zwar aus dem Phosphorgehalt alkoholischer Auszüge des Blutes, indem er Liebreich's Phosphorbestimmungen des Protagons zu Grunde legte.

Das gleiche Verfahren versuchte Parke[3]) bei der Untersuchung des Eidotters anzuwenden, fand jedoch bei der Berechnung seiner Analysen in den alkoholischen Auszügen mehr Protagon, als diese überhaupt feste Bestandtheile in Lösung enthielten.

---

1) Hermann, Archiv für Anatom. u. Physiol. 1866, S. 33.

2) Hoppe-Seyler, Ueber das Vorkommen von Cholesterin und Protagon und ihre Betheiligung bei der Bildung des Stroma der rothen Blutkörperchen. Medic. chem. Untersuchungen Bd. 1 S. 140.

3) Parke, Ueber die chemische Constitution des Eidotters. Medic. chem. Untersuchungen Bd. 2 S. 213.

Schon hieraus konnte das Vorkommen einer anderen phosphorhaltigen Verbindung im Eidotter gefolgert werden, eine Annahme, welche die spätere Entdeckung des Lecithins bestätigte.

Diaconow[1]) fand bei der Untersuchung des Lecithins dieselben Zersetzungsproducte, welche Liebreich durch Kochen des Protagons mit Barytwasser erhalten hatte, während er den Phosphorgehalt des Lecithins doppelt so hoch ermittelte, als den des Protagons. Die Identität beider Verbindungen wurde hierdurch ausgeschlossen.

Das Protagon konnte demnach nicht mehr als die einzige phosphorhaltige organische Verbindung im Thierkörper angesehen werden.

Diaconow[2]) zog auch die Gehirnsubstanz in den Kreis seiner Untersuchungen und stellte aus dieser Lecithin und die von Liebreich Protagon genannte Verbindung dar. Die Thatsachen, dass beide Körper dieselben Zersetzungsproducte liefern, ferner der Umstand, dass man den Phosphorgehalt des Protagons durch Behandeln mit geeigneten Lösungsmitteln bei höherer Temperatur bedeutend erniedrigen kann, führten Diaconow zu der Ansicht, dass das Protagon Liebreich's kein einheitlicher Körper sei, dass es vielmehr als ein Gemenge von Lecithin und einer phosphorfreien Verbindung angesehen werden müsse. Die letztere erhielt Diaconow durch Kochen des Protagons mit Barytwasser und Ausziehen des hierbei entstandenen Niederschlages mit Alkohol. Da die so erhaltene Verbindung beim Kochen mit verdünnten Mineralsäuren eine Zuckerart lieferte, so konnte Diaconow mit einiger Berechtigung die Vermuthung aussprechen, dass sie mit dem von W. Müller durch directe Behandlung der Gehirnsubstanz mit Barytwasser erhaltenen Cerebrin identisch sei.

Zu der von Diaconow entwickelten Ansicht, dass Protagon ein Gemenge von Lecithin und Cerebrin sei, bekannte sich auch

---

1) Diaconow, Vorläufige Mittheilung. Medic. chem. Untersuchungen Bd. 1 S. 221.

2) Diaconow, Das Lecithin im Gehirn. Centralblatt für die medic. Wissenschaften Bd. 1 S. 97.

Hoppe-Seyler[1]) und suchte seine Behauptung durch folgende Thatsachen zu stützen:

Durch fractionirte Krystallisation aus heissem Alkohol gelang es Hoppe-Seyler, verschiedene Körper mit wechselndem Phosphorgehalt aus dem Protagon darzustellen. Auf diese Weise ein völlig phosphorfreies Product zu erhalten, war ihm allerdings unmöglich. Um diese eigenthümliche Thatsache zu erklären, löste Hoppe-Seyler in einer heissen alkoholischen Lecithinlösung phosphorfreies Cerebrin und fand, dass beim Erkalten der Lösung stets phosphorhaltiges Cerebrin auskrystallisirte. Analog den Globulinstoffen, sagt Hoppe-Seyler, reisst das Cerebrin Lecithin aus seinen Lösungen mit nieder. Auffallend ist hierbei allerdings, dass der Phosphorgehalt eines derartigen aus alkoholischer Lecithinlösung auskrystallisirten Cerebrins genau dem Phosphorgehalt des Protagons entspricht.

Nachdem sich auch Strecker[2]), Bourgeoin[3]), Thudichum[4]) und Andere der Ansicht Diaconow's und Hoppe-Seyler's angeschlossen hatten, bezweifelte man schliesslich fast allgemein die Existenz des Protagons als einheitliches chemisches Individuum.

Gamgee und Blankenhorn[5]) nahmen die Forschung nach der Existenz des Protagons von Neuem auf. Beide Autoren unterzogen alle bisher über diesen Gegenstand erschienenen Abhandlungen einer eingehenden Kritik und gelangten zuletzt zu folgenden Schlüssen:

Es ist irrthümlich, anzunehmen, dass im Nervengewebe ein Körper von der Zusammensetzung von Müller's Cerebrin fertig

---

1) Hoppe-Seyler, Ueber die phosphorhaltigen Substanzen im Eiter Medic. chem. Unters. Bd. 4 S. 487.

2) Strecker, Ueber das Lecithin. Ann. d. Chem. u. Parm. Bd. 72 (Neue Folge) S. 77.

3) Bourgeoin, Note sur la purification de la Cérébrine. Bulletin de la société de Paris Bd. 21 S. 482.

4) Thudichum, Researches on the chemical constitution of the Brain. Reports of the Medical Office of the Privy Council London 1874.

5) Gamgee und Blankenhorn, Ueber Protagon. Hoppe-Seyler's Zeitschrift für physiol. Chem. Bd. 3 S. 260.

gebildet vorkommt. Diese Verbindung entsteht erst durch Einwirkung von kochendem Barytwasser auf die Gehirnsubstanz.

Es ist daher irrthümlich, Liebreich's Protagon als ein Gemenge von Lecithin und Cerebrin anzusehen, eine Annahme, gegen welche im Uebrigen folgende Gründe geltend gemacht werden können:

Lecithin wird von Diaconow[1]) selbst als eine sehr hygroskopische, wachsartige Masse geschildert, welche sich nicht pulverisiren lässt; Cerebrin ist gleichfalls sehr hygroskopisch[2]), Liebreich's Protagon dagegen ein weisses krystallinisches Pulver, das selbst in feuchter Luft unveränderlich bleibt.

Eine künstliche Mischung von Cerebrin und Lecithin hat weder die Eigenschaften noch die Zusammensetzung von Protagon.

Da Hoppe-Seyler aus alkoholischen, Lecithin enthaltenden Lösungen von Cerebrin eine phosphorhaltige Verbindung erhielt, deren Phosphorgehalt dem des Protagons entspricht, so ist hierbei viel eher an eine chemische Bindung von Lecithin und Cerebrin zu denken, als an ein blosses mechanisches Mitgerissenwerden des Ersteren, zumal da dem resultirenden Körper der Phosphor auf keinerlei Weise wieder entzogen werden kann.

Mit diesen kritischen Betrachtungen allein begnügen sich Gamgee und Blankenhorn jedoch nicht, sondern sie suchten die Existenz des Protagons auch experimentell zu erweisen.

Zu diesem Zwecke stellten sie zunächst nach Liebreich's Methode aus der Gehirnsubstanz von Hunden Protagon dar, reinigten es genau auf die vorgeschriebene Weise und analysirten das erhaltene Product. Sodann wählten sie eine vereinfachtere Darstellungsweise, indem sie frisches, von Blut und Häuten sorgfältig befreites Gehirn zerkleinerten und sofort mit Alkohol (85 %) auf 45° erwärmten, nach 12—14 Stunden abfiltrirten und den sich nach dem Erkalten ausscheidenden Niederschlag mit kaltem Aether behandelten, bis von diesem nichts mehr gelöst wurde. Das in Aether unlösliche Product wurde aus Alkohol bei 45° umkrystallisirt.

1) Diaconow, Centralblatt der medic. Wissensch. 1868, S. 2.
2) Gamgee und Blankenhorn a. a. O. S. 270.

Nach dieser Methode stellten Gamgee und Blankenhorn aus der Gehirnsubstanz vom Hunde, vom Ochsen und vom Pferde Verbindungen dar, welche genau die von Liebreich für das Protagon angegebenen physikalischen Eigenschaften besassen.

Auch durch mehrmaliges Umkrystallisiren aus Alkohol konnten Gamgee und Blankenhorn, solange sie beim Auflösen des Protagons die Temperatur von 45 ^{0} nicht überschritten, keinerlei verschiedene Producte gewinnen.

Gamgee und Blankenhorn führten acht Analysen verschiedener Präparate aus, welche sie zum Theil zu verschiedener Zeit, aus der Gehirnsubstanz verschiedener Thiere und nach verschiedenen Methoden, zum Theil aus bereits analysirten Körpern durch wiederholtes Umkrystallisiren gewonnen hatten.

Die Zusammenstellung ihrer Analysen weist nur unbedeutende Differenzen auf. Vergleichen wir die höchsten von ihnen gefundenen Zahlen für Kohlenstoff und Wasserstoff mit den niedrigsten, so können wir folgende Werthe zusammenstellen:

$$C = 66{,}60 \text{ und } C = 66{,}30,$$
$$H = 11{,}06 \text{ und } H = 10{,}467.$$

Für den Stickstoff gestaltet sich das Verhältniss der höchsten zu den niedrigsten Werthen folgendermaassen:

$$N = 2{,}6 \text{ und } N = 2{,}29.$$

Für den Phosphor:

$$P = 1{,}094 \text{ und } P = 1{,}027.$$

Aus diesen Zahlen, welche die für den Zweck der beiden Autoren ungünstigsten sind, geht hervor, dass die Differenzen der einzelnen Analysen thatsächlich durchaus geringe und unwesentliche sind.

Das Mittel aus allen Analysen, welche Gamgee und Blankenhorn ausführten, ergab folgende Werthe für das Protagon:

$$C = 66{,}39$$
$$H = 10{,}69$$
$$N = 2{,}39$$
$$P = 1{,}068.$$

Aus diesen Zahlen berechneten sie die Formel:

$$C_{160}\,H_{308}\,N_5\,PO_{35}.$$

Liebreich war bei seinen Analysen zu etwas anderen Zahlen gelangt, was Gamgee und Blankenhorn daraus erklären, dass Liebreich mit Kupferoxyd verbrannte, während sie ihre Verbrennungen mit Bleichromat ausführten. Auch berechnete Liebreich für das Protagon eine andere Formel, indem er, wie aus der Berechnung seiner Formel ersichtlich ist, für den Phosphorgehalt nicht den Durchschnitt aller seiner Bestimmungen, sondern den höchsten von ihm ermittelten Werth zu Grunde legte.

Liebreich fand für das Protagon im Mittel folgende Werthe:

$$C = 66,74$$
$$H = 11,74$$
$$N = 2,80$$
$$P = 1,23$$

und gab ihm die Formel:

$$C_{116} H_{241} N_4 PO_{22}.$$

Ihre vergleichenden Untersuchungen, deren Resultate im Wesentlichen mit Liebreich's Angaben übereinstimmen, führen Gamgee und Blankenhorn zu dem Schluss, dass das Protagon thatsächlich ein chemisches Individuum und kein Gemenge von Lecithin und Cerebrin ist.

Einige Zeit später war Baumstark[1]) bemüht, die chemische Untersuchung der Gehirnsubstanz durch die Einführung einer neuen Methode zu fördern, hatte bei seinen weitläufigen Experimenten jedoch verhältnissmässig geringe Erfolge zu verzeichnen.

Das Neue seiner Methode bestand darin, dass er die vom Blut befreiten Gehirne in eine engmaschige Gaze einschlug und in besonders dazu construirten Gefässen einer eigenthümlichen Dialyse mit Aether unterwarf. Die Gehirnflüssigkeit floss hierbei aus und sammelte sich am Boden der Gläser unterhalb des Aethers. Nachdem diese Dialyse Monate lang unter häufigem Wechseln der Flüssigkeiten fortgesetzt war, wurden die Gehirne mit grösseren Aethermengen extrahirt und alsdann mit Alkohol von steigender Concentration behandelt. Nachdem die letzten Flüssigkeitsmengen durch Abpressen und andere mechanische Hülfsmittel entfernt waren,

1) Baumstark, Ueber eine neue Methode, das Gehirn chemisch zu erforschen. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 9 S. 145.

konnte die Gehirnmasse zu einem lockeren, farblosen Pulver zerrieben werden.

Das durch diesen langwierigen und verwickelten Process gewonnene Präparat verarbeitete Baumstark zur Darstellung des Protagons genau in der von den früheren Autoren angegebenen Weise. Da er auf diesem Wege zu einer Substanz gelangte, welche mit dem Protagon nicht nur alle Eigenschaften, sondern auch die Zusammensetzung gemein hatte, so glaubte Baumstark hierdurch die Existenz des Protagons als einheitliches Individuum bewiesen zu haben.

Trotz aller dieser Thatsachen konnte sich Thudichum[1]), welcher durch die Beurtheilung seiner früheren Arbeiten über das Gehirn von Seiten Gamgee's und Blankenhorn's veranlasst worden war, von neuem die Frage nach der Existenz des Protagons experimentell zu behandeln, nicht von der chemischen Einheit dieses Körpers überzeugen lassen.

Obwohl er zugibt, dass man bei genauem Innehalten aller von den früheren Autoren gegebenen Vorschriften stets zu einem Körper von gleicher Zusammensetzung und gleichen Eigenschaften gelangt, so bestreitet er trotzdem die chemische Individualität dieses Körpers und bezeichnet ihn als ein Conglomerat verschiedener Verbindungen, welche sich durch Lösungs- und Fällungsmittel in definitive chemische Principien trennen lassen.

Die Experimente, durch welche Thudichum seine Ansicht zu stützen sucht, sind kurz zusammengefasst folgende:

Durch Behandeln mit Aether konnte er aus der Gehirnmasse drei Klassen von phosphorhaltigen Substanzen isoliren:

1. In Aether sehr leicht lösliche Körper, welche er zur Gruppe der Kephaline rechnet.
2. Weniger leicht lösliche Substanzen zur Gruppe der Myeline gehörig.
3. In Aether unlösliche Körper.

Aus dem Protagon selbst isolirte Thudichum durch fractionirte Krystallisation resp. fractionirte Lösung eine grosse Reihe von

1) Thudichum, Experimental-Kritik einiger neuerer Arbeiten über Protagon. Grundzüge d. anat. u. klin. Chem. S. 203.

Körpern, deren Phosphorgehalt unter sich verschieden war, und welche fast alle einen ebenfalls schwankenden Gehalt an Kalium aufwiesen.

Die auffallende Thatsache, dass „die Anhänger der Protagonhypothese“ zu Producten von gut übereinstimmender Zusammensetzung gelangten, erklärt Thudichum daraus, dass alle diese Autoren ängstlich bemüht waren, genau dieselben Bedingungen bei der Darstellung des Protagons zu befolgen und jedes energischere Eingreifen, wie Lösen in absolutem Alkohol oder Aether bei Siedetemperatur oder auch die Anwendung von Reagentien zur Trennung der erhaltenen Gemenge zu vermeiden suchten. Bei der relativ unwandelbaren Zusammensetzung der Gehirnsubstanz ein und derselben Species ist es demnach leicht erklärlich, dass man immer zu gleichen Producten gelangte. Die chemische Einheit dieser Producte konnte aber hierdurch nicht bewiesen werden.

Auch Kossel und Freytag[1]) sind der Ansicht, dass es bei genauer Innehaltung der von Gamgee und Blankenhorn gegebenen Vorschriften gelingt, zu anscheinend einheitlichen Protagonpräparaten zu gelangen. Der Umstand aber, dass sie bei der Verarbeitung der Gehirnsubstanz häufig Körper erhielten, welche bei völlig gleichen physikalischen Eigenschaften mehr oder weniger bedeutende Abweichungen in ihrer Zusammensetzung zeigten, veranlasst sie, die Existenz mehrerer Protagone anzunehmen.

Diese Annahme erklärt auch die Thatsache, dass Liebreich's mit der grössten Vorsicht dargestellte Präparate in ihrer Zusammensetzung ziemlich erhebliche Differenzen zeigten.

Die Analysen, welche Kossel und Freytag ausführten, zeigen für Kohlenstoff, Wasserstoff und Phosphor nur geringe, für Stickstoff ziemlich bedeutende Abweichungen von den Zahlen, zu welchen Gamgee und Blankenhorn gelangt waren. Das auffallendste Ergebniss der Untersuchungen Kossel's und Freytag's ist, dass sie in ihren Präparaten einen nicht unbedeutenden Gehalt an Schwefel constatirten.

---

1) A. Kossel und Fr. Freytag, Ueber einige Bestandtheile des Nervenmarks und ihre Verbreitung in den Geweben des Thierkörpers. Zeitschr. für physiol. Chem. Bd. 17, S. 430.

Schon Couerbe[1]) hatte im Jahre 1834 einen schwefelhaltigen Körper aus dem Gehirn isolirt, den er Cérébrot nannte, und der offenbar aus unreinem Protagon bestand. Da man später behauptete, dass der Schwefelgehalt des Cérébrots von einer zufälligen Beimengung an Eiweiss herrührte, so scheinen alle übrigen Autoren den Schwefelgehalt des Protagons übersehen zu haben.

Kossel und Freytag geben als Mittel aus mehreren Analysen für die Zusammensetzung ihres Protagons folgende Zahlen an:

C = 66,35
H = 11,13
N = 3,25
P = 0,91
S = 0,51.

Kossel und Freytag beabsichtigten nicht, die Existenz des Protagons als einheitliche Verbindung zu erweisen, sondern verfolgten vielmehr den Zweck, die Zersetzungsproducte des Protagons zu studiren.

Das Resultat, zu welchem ihre in dieser Richtung unternommenen Versuche führten, war allerdings geeignet, beide Autoren in ihrer Ansicht von der Existenz mehrerer Protagone zu bestärken.

Die Thatsache nämlich, dass das Protagon bei der Spaltung zwei, vielleicht auch drei homologe, d. h. ähnliche Substanzen liefert, nämlich Cerebrin, Kerasin und Enkephalin, lässt Kossel und Freytag vermuthen, dass auch die Muttersubstanz, aus welcher diese Verbindungen abgespalten werden, ein Gemenge homologer Körper ist, d. h. mehrere Protagone enthält.

Aus Gründen, auf welche ich an dieser Stelle noch nicht näher eingehen möchte, war auch ich bemüht, mir reine Präparate des Protagons herzustellen.

Zur Darstellung verfuhr ich nach Gamgee und Blankenhorn's Methode. Als Material wählte ich frisches Ochsenhirn, das genau in der oben beschriebenen Weise behandelt wurde. Ich erhielt hierbei stets Präparate, welche alle von Liebreich und später von Gamgee und Blankenhorn angegebenen Eigenschaften besassen.

---

1) Couerbe, Annales de Chim. et de Phys. Bd. 56 S. 160.

Das von mir dargestellte Protagon stellt ein weisses, lockeres Pulver dar, welches aus Alkohol bei 45° umkrystallisirt, rosettenförmig angeordnete Nadeln bildet, die oft ein charakteristisches gekrümmtes Aussehen annehmen.

Alle von mir erhaltenen Präparate zeigen beim Erhitzen das gleiche Verhalten. Bei etwa 150° fangen sie an sich leicht zu bräunen und schmelzen bei 200—203° zu einer dunkel gefärbten Flüssigkeit.

Alkohol löst in der Kälte nur sehr wenig, zwischen 35 und 45° ziemlich reichliche Mengen von Protagon.

Siedender Alkohol ruft eine augenscheinliche Veränderung hervor. Der hierdurch entstehende Körper ist bedeutend leichter in Alkohol löslich, als Protagon, und scheidet sich erst nach erfolgter Concentration der Lösung in makroskopisch sichtbaren Krystallen aus.

Mit Wasser liefern meine Präparate kleisterartige Quellungen, welche bei Anwendung grösserer Mengen Wasser in milchige, schwer filtrirende Lösungen übergehen.

Durch siedendes Chloroform scheint das Protagon gleichfalls verändert zu werden. In der Wärme löst es sich darin auf und bildet nach dem Erkalten eine milchig getrübte Lösung, während das Protagon von kaltem Chloroform gar nicht gelöst oder verändert wird.

Zur Analyse wurde das aus Ochsenhirn dargestellte Protagon vier Mal umkrystallisirt und hierauf zunächst im Vacuum über Schwefelsäure, sodann in dem von Schmiedeberg angegebenen Trockenapparat bei 40° C. getrocknet. Auf diese Temperatur kann man Protagon Tage lang erhitzen, ohne dass sich die geringste Veränderung zeigt. Auch die Gewichtsabnahme meiner im Vacuum vorgetrockneten Präparate war beim Erwärmen im sog. Schmiedeberg'schen Kasten nur eine sehr unwesentliche. So verloren 1,7325 g Substanz nach 16stündigem Erwärmen nur 0,0015 g ihres Gewichtes.

Die Resultate der von mir angeführten Analysen sind folgende:

I. Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmungen:

Alle hier angeführten Verbrennungen wurden mit Bleichromat unter Vorlegung reducirter Kupferspiralen vorgenommen.

No. 1.

0,2235 g Substanz gaben 0,5439 g CO_2 = 66,37 % C. und 0,2092 g H_2O = 10,40% H.

No. 2.

0,1973 g Substanz gaben 0,4786 g CO_2 = 66,16 % C. und 0,1916 g H_2O = 10,79 % H.

No. 3.

0,2052 g Substanz gaben 0,4985 g CO_2 = 66,25 % C. und 0,2040 g H_2O = 11,05 % H.

II. Stickstoffbestimmungen nach Dumas-Zulkowsky:

No. 1.

0,4494 g Substanz gaben bei 10° C. und 743 mm Barometerstand 8,8 ccm = 0,0103 g = 2,20% N.

No. 2.

0,3742 g Substanz gaben bei 10° C. und 744 mm Barometerstand 7,8 ccm = 0,00914 g = 2,44% N.

III. Phosphorbestimmungen:

Zu den Phosphorbestimmungen wurde die Substanz mit Kali und Salpeter geschmolzen und die Phosphorsäure als Magnesiumpyrophosphat bestimmt.

No. 1.

0,5749 g Substanz gaben 0,0231 g $Mg_2P_2O_7$ = 1,122 % P.

No. 2.

0,5160 g Substanz gaben 0,0211 g $Mg_2P_2O_7$ = 1,143 % P.

IV. Aschebestimmung:

2,5956 g Substanz ergaben 0,0606 g Asche = 2,33 %

Eine qualitative Untersuchung der Asche ergab, dass sie hauptsächlich aus Phosphor (P_2O_5) bestand. Ausserdem fanden sich geringe Spuren von Schwefel, jedoch keine nachweisbaren Mengen von Alkalien.

V. Schwefelbestimmungen:

Zur Schwefelbestimmung schmolz ich zunächst die Substanz mit Kali. Kossel hatte bei seinen Präparaten gefunden, dass ihr Schwefelgehalt vollkommen an Sauerstoff (vielleicht in Form einer gepaarten Schwefelsäure) gebunden vorkommt, und deshalb beim Schmelzen mit Aetzkali nur Kaliumsulfat und kein Kaliumsulfid entstand. Für meine Präparate traf diese Beobachtung Kossel's jedoch nicht zu, da beim Ansäuren der in Wasser gelösten Schmelze deutliche Entwicklung von Schwefelwasserstoff auftrat.

Durch Schmelzen mit Kali und Salpeter wurde deshalb der Schwefel in oxydirte Form übergeführt und als Bariumsulfat bestimmt.

No. 1.

0,9190 g Substanz ergaben 0,0061 g $BaSO_4$ = 0,00092 g S = 0,10 % S.

No. 2.

1,0430 g Substanz ergaben 0,0070 g $BaSO_4$ = 0,00096 g S = 0,092 % S.

In folgender Tabelle ist das Mittel aus allen von mir ausgeführten Analysen mit den Ergebnissen der analytischen Untersuchungen früherer Autoren vergleichend zusammengestellt.

	Liebreich in Mittel	Gamgee und Blankenhorn in Mittel	Baumstark	Kossel	Meine Analysen in Mittel
C	66,74	66,39	66,48	66,25	66,29
H	11,74	10,69	11,12	11,13	10,75
N	2,80	2,39	2,35	3,25	2,32
P	1,23	1,068	1,02	0,97	1,13
S	—	—	—	0,51	0,096

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, dass sich meine Analysen, was den Kohlenstoff, Wasserstoff und Stickstoff anbelangt, wohl am meisten den von Gamgee-Blankenhorn und Baumstark gefundenen Zahlen nähern, während der von mir für den Phosphor ermittelte Werth dem Mittel der Analysen Liebreich's am nächsten gelegen ist.

Was den Schwefelgehalt meines Präparates anbelangt, so ist derselbe so gering und von dem von Kossel erhaltenen Werthe so verschieden, dass ich mich der Annahme einer verunreinigenden Beimengung nicht verschliessen kann. Ich beabsichtige, auf diesen Punkt im Verlaufe meiner Arbeiten noch näher zurückzukommen.

Meine analytischen Untersuchungen lieferten auf alle Fälle den Beweis, dass es möglich ist, bei genauem Innehalten der wiederholt erwähnten Darstellungsbedingungen zu einem Körper zu gelangen, der mit dem Protagon Liebreich's annähernd dieselbe Zusammensetzung gemeinsam hat und sich hinsichtlich seiner übrigen Eigenschaften in keiner Weise von diesem Körper unterscheidet.

Auch aus menschlichem Gehirn gelang es mir, einen dem Protagon analogen Körper darzustellen. Zu diesem Zwecke wurde das Hirn eines sechsjährigen Knaben, das mir nur wenige Stunden nach erfolgtem exitus zur Verfügung stand, nach sorgfältiger Befreiung von Blut und Häuten genau nach der von Gamgee und Blankenhorn angegebenen Methode behandelt.

Es resultirte hierbei ein Körper, der sich in keiner Weise von dem aus thierischem Material gewonnenen Protagon unterschied.

Die Analyse meines durch dreimaliges Umkrystallisiren aus Alkohol gereinigten Präparats führte zu folgenden Resultaten:

I. Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung:

0,1822 g Substanz gaben 0,4443 g CO_2 = 66,51 % C und 0,1782 g H_2O = 10,88 % H.

II. Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky:

0,3298 g Substanz lieferten bei 11° C. und 745 mm Barometerstand 7,2 ccm = 0,0084 g = 2,55 % N.

III. Phosphorbestimmung:

0,5146 g Substanz ergaben 0,0210 g $Mg_2P_2O_7$ = 1,14 % P.

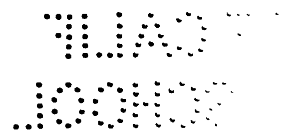
Eine qualitative Untersuchung des Glührückstandes dieses Präparats ergab, dass derselbe nur aus Phosphor bestand und keinerlei andere anorganische Bestandtheile enthielt. Auch durch Schmelzen mit Kali und Salpeter vermochte ich in diesem aus

menschlicher Gehirnsubstanz erhaltenen Protagon keinen Schwefel nachzuweisen.

Die Zusammensetzung dieses Präparats war demnach folgende:

C = 66,51 %
H = 10,88 %
N = 2,55 %
P = 1,138 %.

Es ist hierdurch die Identität dieses Präparats mit dem aus der Gehirnsubstanz des Ochsen dargestellten Protagon erwiesen.



Chemische Untersuchung eines Lipoms.

Von

Dr. **W. G. Ruppel.**

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Nach Hoppe-Seyler ist die Ausbildung und chemische Zusammensetzung des Fettes in den Lipomgeschwülsten eine ganz normale und nur die überreiche Entwickelung an circumscripter Stelle das erkennbare Krankhafte [1]).

Mit dieser Auffassung Hoppe-Seyler's stimmen die Resultate einer kürzlich veröffentlichten analytischen Untersuchung von O. Schulz und Schwalbach [2]) überein.

Diese beiden Autoren untersuchten ein Lipom, dessen Gewicht nicht weniger als 28 kg betrug, und fanden, dass das Fett der Geschwulst zum grössten Theil aus Triolein, zum geringeren Theil aus Tristearin mit einer unbedeutenden Beimengung von Tripalmitin bestand. Der sehr geringe Gehalt der Geschwulstfette an freien Säuren kann gleichfalls nicht als eine Abweichung von der normalen Zusammensetzung der menschlichen Fette angesehen werden.

Flüchtige Säuren konnten sie in dem Lipom nicht nachweisen.

Gleichzeitig untersuchten Schulz und Schwalbach das nur sehr spärlich in der Geschwulst vorhandene Bindegewebe, indem sie

---

1) Hoppe-Seyler, Lehrbuch der physiol. Chem. S. 632.

2) O. Schulz und Schwalbach, Ueber die chemische Zusammensetzung des Lipoms. Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 55 S. 231.

das darin enthaltene Collagen als Glutin, das Chondrogen als Chondrin nachwiesen.

Im Nachstehenden gebe ich den Befund der chemischen Untersuchung eines Lipoms, welches im Bürgerhospital zu Köln einer 30jährigen Frau aus der unteren, seitlichen Thoraxpartie exstirpirt worden war.

Das Lipom, welches etwa die Grösse eines menschlichen Kopfes hatte, zeigte äusserlich keine ganz gleichmässige Färbung. Die Grundfarbe war ein mattes Gelb, das hie und da von dunkler gefärbten, orangegelben bis gelbrothen Partien unterbrochen wurde. Die Geschwulst war weich und gab dem Drucke des Fingers an allen Stellen gleichmässig nach. Beim Durchschneiden zeigte das Lipom völlig glatte Schnittflächen, welche die Grundfarbe der Oberfläche hatten und von vereinzelten röthlich gefärbten Linien durchsetzt waren.

Das Gewicht der Geschwulst betrug 579 g.

Zur Entfettung und Wasserbestimmung wurde die ganze Geschwulst auf dem Wasserbade erwärmt. Schon bei sehr gelinder Temperatur schmolz der grösste Theil der Masse zu einer klaren, goldgelb gefärbten Flüssigkeit, welche durch Filtration sehr leicht von dem festen Rückstand getrennt werden konnte. Beide Theile wurden sodann bei höherer Temperatur getrocknet und das Bindegewebe zur völligen Entfettung mit Aether erschöpft.

Das Gewicht des gesammten, sowohl durch Ausschmelzen, als durch Extraction gewonnenen Fettes betrug 452 g, während der vom Fette völlig befreite Rückstand nur 11 g wog. Der Gewichtsverlust von 116 g dürfte als Wasser angesprochen werden.

Demnach bestand das Lipom aus:

Fett	452 g	=	78,07 %
Bindegewebe . .	11 g	=	1,90 %
Wasser	116 g	=	20,03 %
	579 g		100,00 %.

Untersuchung der Fette.

Bei Zimmertemperatur stellte das Fett eine gelbliche, dickflüssige Masse dar, welche einen schwachen, eigenthümlichen Geruch

hatte. Beim Abkühlen auf 11° gelang es, das Fett in einen consistenteren Aggregatzustand überzuführen, während es beim Erwärmen schon bei 28° völlig flüssig war und ein goldgelbes Oel bildete.

Schmelz- und Erstarrungspunkt liessen sich nicht genau bestimmen, da der Uebergang aus einem Aggregatzustand in den anderen kein scharf abgegrenzter, sondern ein allmählicher war.'

Da eine qualitative Prüfung ergeben hatte, dass das Fett freie Fettsäuren enthielt, so musste ihr Gehalt quantitativ ermittelt werden. Zu diesem Ende schlug ich zwei Wege ein:

1. 20 g Fett wurden in Aether-Alkohol gelöst und die Lösung auf ½ l aufgefüllt. Von dieser wurden je 100 ccm, entsprechend 4,0 g Fett mit Kalilauge ($^1/_{10}$ normal) titrirt und erforderten im Mittel von fünf Bestimmungen 2,2 ccm Lauge. 100 g Fett würden demnach 0,3 g KOH erfordert haben.

Der Gehalt des Lipoms an freien Fettsäuren war demnach ein äusserst geringer, denn berechnet man, wie dies gewöhnlich zu geschehen pflegt, auf Palmitinsäure, so ergibt sich ein Gehalt von 1,2 g freier Säure in 100 Theilen des Fettes und von 5,424 g in der ganzen Geschwulst.

2. Da die durch Titration ermittelte Menge an freien Fettsäuren eine so überaus geringe war, so wurden, um die Säuren in Substanz darzustellen, 200 g Fett mit etwa 20 g Soda und etwas Wasser längere Zeit unter beständigem Umrühren auf dem Wasserbade erwärmt, zur Trockne verdampft, mit wenig Wasser aufgenommen und der wässerige Brei mit Aether ausgeschüttelt. Zu dieser Operation war eine ziemlich lange Zeit nötig, da die Schichtenbildung erst nach längerem Stehen eintrat, und ein Zusatz von Alkohol vermieden werden sollte. Zuletzt gelang jedoch die Abscheidung vollständig.

Die Fettsäuren befanden sich als Seifen in der wässerigen Lösung und wurden mit verdünnter Schwefelsäure abgeschieden. Die Säuren, deren Menge 0,2 g betrug, stellten bei Zimmertemperatur eine weisse, harte Masse dar, welche bei 62,5° schmolz. Nach Heintz[1]) würde das Säuregemisch, dem Schmelzpunkt zufolge, aus

1) Heintz, Ueber die Fette. Journal f. prakt. Chem. Bd. 66 S. 12.

70 Theilen Stearinsäure und 30 Theilen Palmitinsäure bestehen, wenn man die Gegenwart anderer Säuren ausschliesst. Es würden also hiernach 100 g Fett 0,7 g freie Stearin- und 0,3 g freie Palmitinsäure enthalten.

Der hohe Schmelzpunkt und die Consistenz des Gemisches der freien Säuren liessen schon von vorneherein auf Abwesenheit der Oelsäure schliessen, welche überdies durch keinerlei Reaction nachgewiesen werden konnte.

Verseifung der Fette.

Das von den freien Säuren getrennte Fett wurde in der durch Abdestilliren concentrirten, ätherischen Lösung nach der Methode von Kossel und Obermüller[1]) durch Natriumalkoholat verseift. Die Seifen wurden in wässeriger Lösung in einem mit Rückflusskühler versehenen Gefäss mittelst verdünnter Schwefelsäure zerlegt.

Hierauf wurde das Gemenge so lange mit Wasserdämpfen behandelt, bis der Geruch nach flüchtigen Säuren, der dem Gemisch im Anfange thatsächlich anhaftete, völlig verschwunden war. Auf der Oberfläche des Destillats schieden sich bald erstarrende Fetttröpfchen ab, die sich durch ihren Schmelzpunkt als Caprinsäure erwiesen. Durch Ausschütteln des wässerigen Destillats mit Aether wurde eine geringe Menge anderer flüchtiger Säuren erhalten, unter welchen sich die Buttersäure durch ihren Geruch deutlich zu erkennen gab. Obwohl die Menge der so erhaltenen flüchtigen Säuren eine viel zu geringe war, um an eine Trennung derselben denken zu können, so ist die Thatsache ihres Vorkommens in dem Lipom deshalb von Interesse, weil man bisher allgemein annahm, dass die niederen Glieder der Fettsäuren, welche in der Milch nachgewiesen worden sind, in dem Fett des Unterhautbindegewebes fehlten, oder doch nur in ganz geringen, kaum nachweisbaren Spuren vorhanden wären[2]).

---

1) Kossel und Obermüller, Eine neue Methode zur Verseifung von Fettsäure-Aethern. Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 14 S. 599.

2) Hoppe-Seyler, Physiol. Chemie S. 632.

Die nichtflüchtigen Säuren stellten, nachdem sie vom Wasser getrennt waren, eine breiige Masse dar, deren Gewicht 177 g betrug.

Um aus dem Gemenge die Oelsäure abzuscheiden, wurde es stark abgekühlt und die Oelsäure mittelst einer Wasserstrahlluftpumpe abgesogen und abgepresst. Durch dieses Verfahren gelang es, die Oelsäure vollständig von den übrigen Säuren zu trennen.

Im Ganzen konnten durch Abpressen und Absaugen 130 g Oelsäure gewonnen werden, und zwar ging die Trennung so leicht vor sich, dass zum Schluss den zurückbleibenden festen Fettsäuren nicht die geringsten Spuren von Oelsäure anhafteten.

Das Gemisch der festen Fettsäuren wurde nun zunächst der Destillation im luftverdünnten Raume unterworfen. Bei einem verminderten Druck von 20 mm siedete das Gemisch bei 240—242°, ohne dass es gelang, einzelne Fractionen von einander zu trennen. Das schneeweisse Destillat erwies sich beim Umkrystallisiren aus siedendem Alkohol als fast reine Stearinsäure, welche in grossen glänzenden Blättchen erhalten wurde, deren Schmelzpunkt zwischen 69 und 70° lag.

Ein sehr geringer Rückstand, welcher in Alkohol etwas leichter löslich erschien, schmolz bei 59° und bestand augenscheinlich aus Palmitinsäure, welche durch eine geringe Beimengung von Stearinsäure verunreinigt war.

Das Fett des Lipoms hatte demnach, abgesehen von dem Gehalt an flüchtigen Säuren, eine einfache Zusammensetzung. Es bestand aus den Glyceriden der Oelsäure und der Stearinsäure mit einer geringen Beimengung von Palmitinsäure und von freien Säuren, welche letzteren etwas reicher an Palmitin-Säure zu sein scheinen, als das Neutralfett.

Unverseifbare Substanz.

Bei der Verseifung des Lipomfettes nach Kossel's Methode blieb eine in Aether lösliche, unverseifbare Substanz zurück, welche sich in Chloroform leicht löste und mit Schwefelsäure die Salkowski'sche Cholesterinreaction gab.

Untersuchung des Bindegewebes.

Der durch Extraction mit Aether vom Fett vollkommen befreite Rückstand, dessen Gewicht 11,0 g betrug, stellte eine braune, faserige Masse dar, welche sich zu einem gelblichen Pulver zerreiben liess.

Durch Kalilauge wurde dieses Pulver in der Wärme zum grossen Theil gelöst. Die Lösung gab mit Kupfersulfat eine tiefroth violette Biuretreaction.

Durch längeres Kochen des Pulvers mit Wasser entstand eine gelbliche opalescirende Lösung, welche, von den zurückbleibenden Fasern abfiltrirt, die Ebene des polarisirten Lichtes nach links drehte und alle das Glutin charakterisirenden Reactionen gab.

Beim Kochen der Lösung mit Essigsäure entstand ein Kupferoxyd reducirender Körper, der augenscheinlich aus Chondrin herstammte. Dieses wird, den Angaben Schmiedeberg's [1]) zufolge, beim Kochen mit Säuren in eine Zuckerart übergeführt.

Durch das Kochen des Bindegewebes mit Wasser war das in ihm enthaltene Collagen in Glutin, das Chondrogen in Chondrin übergeführt worden.

Die Resultate vorstehender Untersuchungen sind kurz zusammengefasst folgende:

Das Lipom, dessen Gewicht 579 g betrug, besteht aus:

11,0 g	Bindegewebe	=	1,90 %,
116,0 g	Wasser . .	=	20,03 %,
452,0 g	Fett . . .	=	78,07 %,
579,0 g			100,00 %.

In 452 g Fett sind enthalten:

4,52 g	freie Fettsäuren . . .	=	1,0 %,
293,80 g	Oelsäure	=	65,0 %,
166.22 g	feste Säuren	=	23,5 %,
47,46 g	Glycerin, flüchtige Säuren, unverseifbare Substanz .	=	10,5 %,
452,00 g			100,0 %.

1) Schmiedeberg, Ueber die chemische Zusammensetzung des Knorpels. Annalen f. experiment. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 28 S. 1.

Die festen Säuren bestanden zum grössten Theil aus Stearinsäure. In den flüchtigen Säuren konnte Caprinsäure nachgewiesen und Buttersäure vermuthet werden.

In der unverseifbaren Substanz wurde Cholesterin gefunden. Im Bindegewebe wurde neben Eiweiss Collagen und Chondrogen nachgewiesen.

Welche Zuckerarten entstehen bei dem durch thierische Fermente bewirkten Abbau der Stärke und des Glykogens[1].

Von

Prof. Dr. E. Külz und Dr. J. Vogel.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Während Leuchs[2] die saccharificirende Wirkung entdeckte, welche Mundspeichel auf Stärke ausübt, beobachtete Valentin[3] zuerst, dass auch Bauchspeichel Stärke zu verzuckern vermag.

Auf die Saccharificirung des Glykogens durch Speichel und Pankreassaft haben seine Entdecker Hensen[4] und Bernard[5] fast gleichzeitig und unabhängig von einander hingewiesen.

Mit Leuchs und Valentin, resp. mit Hensen und Bernard hielt man den bei der Einwirkung von Speichel und

---

1) Den Inhalt dieser bereits im Wintersemester 1890/91 von Dr. K. Miura im hiesigen Institut begonnenen, von uns später fortgesetzten Untersuchung hat der eine von uns (K.) in seiner Vorlesung über Physiologie (30. Oct. 1893) bereits vorgetragen und die einschlägigen Präparate vorgelegt. Eine vorläufige Mittheilung findet sich im Centralblatt f. d. med. Wissensch. (1893, Nr. 49 S. 818.)

2) Leuchs, Kastner's Archiv Bd. 22 S. 106 (1831).

3) Valentin, Lehrbuch der Physiologie, 2. Aufl. I, S. 356 (1844).

4) Hensen, Ueber die Zuckerbildung in der Leber. Verhandl. d. Würzburg. phys.-med. Gesellsch. Bd. 7, S. 219 (1856) und Virchow's Archiv Bd. 11 S. 395 (1857).

5) Cl. Bernard, nouvelles recherches expérimentales sur les phénomènes glycogéniques du foie (communiquées à la Société de biologie, séances de 14 et 21 mars 1857). Gazette médicale de Paris 1857 Nr. 13.

Pankreassaft auf Amylon und Glykogen entstehenden Zucker lange Zeit für Traubenzucker.

Der erste Versuch, die Umwandlung des Glykogens durch thierische Fermente etwas eingehender zu verfolgen, stammt von Seegen[1]). Sein Verfahren war folgendes:

Eine gewogene Menge getrockneten Leberglykogens wurde in Wasser gelöst und entweder mit Speichel oder mit Pankreasextract versetzt. Die Lösung stand bei ungefähr 20° C. oder in einzelnen Versuchen bei 30°—32° C. 24 Stunden.

Alle Versuche ergaben dasselbe Resultat:

„Die Glykogenlösung enthielt nach vollständig abgelaufener Fermentation nur einen Bruchtheil des Traubenzuckers, welcher entstehen sollte, wenn die ganze gelöste Glykogenmenge in Traubenzucker umgewandelt worden wäre. Der Bruchtheil war verschieden, er schwankte von 34—41%, wenn Speichel als Ferment angewendet wurde, und er betrug 45—48%, wenn Pankreasextract als Ferment benutzt wurde.“

„Diese Thatsache steht unzweifelhaft fest, die Deutung kann eine mehrfache sein, es hat entweder sich das Glykogen nicht, wie angenommen wird, in Traubenzucker umgewandelt, sondern in eine Zuckerart, welche Kupferoxyd in einem anderen Verhältniss reducirt, oder es hat sich bei der Umsetzung des Glykogens neben Zucker noch ein anderes Spaltungsproduct gebildet. Welche dieser Deutungen die richtige sei, darüber sollen weitere Untersuchungen Aufschluss geben.“

In einer späteren Arbeit[2]) lässt Seegen es unentschieden, ob alle diese aus Amylum wie aus Glykogen durch Fermente gebildeten Zucker vollständig identisch sind: „Jetzt können wir nur sagen, dass der aus Glykogen wie aus Amylum durch isolirbare Fermente, durch Speichel, durch Pankreasextract und durch Diastase gebildete Zucker kein Traubenzucker sei, dass er sich von demselben durch geringeres Reductionsvermögen und durch stärkeres Ablenken des

1) J. Seegen, Ueber die Umwandlung von Glykogen in Traubenzucker durch Speichel- und Pankreas-Ferment. Centralblatt f. d. medic. Wissensch. 1876, S. 849.

2) J. Seegen, Ueber die Umwandlung von Glykogen durch Speichel- und Pankreas-Ferment. Pflügers Archiv Bd. 19 S. 106 (1879).

polarisirten Lichtstrahls unterscheide. Mit Rücksicht auf ihre Entstehungsweise schlagen wir vor, alle diese durch Einwirkung von Fermenten entstehenden Zuckerarten Fermentzucker zu nennen."

O. Nasse[1]) liess filtrirten Mundspeichel vom Menschen auf Arrowroot bei 40° C. unter mannigfacher Variirung der Digestionszeit einwirken und fand, dass das Reductionsvermögen in den meisten Versuchen 45 % des geforderten betrug. Bei Verwendung vom Glycerinextract von möglichst frischen menschlichen Bauchspeicheldrüsen waren die Resultate dieselben. Das neugebildete Kohlehydrat schlug er vor einstweilen Amylum-Ptyalose zu nennen. Nasse liess ferner Speichel auf Leberglykogen von verschiedenen Thieren und Muskelglycogen vom Hund einwirken und fand 37 resp. 38% des geforderten Reductionsvermögens. Die hierbei entstehende Zuckerart muss nach Nasse zum Unterschied von Amylum-Ptyalose Glykogen-Ptyalose genannt werden. Versuche über die Einwirkung von Pankreasextract auf Glykogen scheint er nicht angestellt zu haben.

Musculus und v. Mering[2]) gelang der Nachweis, dass die Spaltungsproducte, welche bei der Einwirkung von Speichel, Pankreasferment und Diastase auf Amylum und Glykogen auftreten, zum grössten Theil aus Maltose und Dextrin bestehen. Es soll dabei nur eine geringe Menge von Traubenzucker gebildet werden. Sie stellten die Maltose in Substanz dar, unterliessen aber eine Elementaranalyse vorzunehmen.

H. T. Brown und J. Heron[3]) liessen auf Stärkekleister entweder wässeriges Pankreasinfus oder feinzertheiltes Pankreasgewebe bei 40° C. einwirken und behaupten Maltose und ihr Achroodextrin ζ erhalten zu haben. „An der charakteristischen Krystallform, ferner durch Bestimmung ihres specifischen Drehungs- und Kupferoxydreducirungsvermögens wurde die völlige Uebereinstimmung der

1) O. Nasse, Bemerkungen zur Physiologie der Kohlehydrate. Pflüger's Archiv Bd. 14 S. 473 (1877).

2) Musculus und v. Mering, Ueber die Umwandlung von Stärke und Glykogen durch Diastas-, Speichel-, Pankreas- und Leber-Ferment. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 2 S. 403 (1878—79).

3) H. T. Brown und J. Heron, Ueber die hydrolytischen Wirkungen des Pankreas und des Dünndarms. Liebig's Annalen Bd. 204 S. 228 (1880).

erhaltenen Maltose mit der bei Einwirkung von Malzextract entstehenden erkannt." Eine Elementaranalyse unterliessen sie ebenfalls.

E. Külz[1]) hat von krystallisirter Maltose, welche durch Einwirkung von gemischtem Speichel auf Glykogen dargestellt und bis zur Gewichtsconstanz über Schwefelsäure und Phosphorsäure getrocknet wurde, nicht nur das Reductionsvermögen und die specifische Drehung bestimmt, sondern auch zwei Elementaranalysen ausgeführt.

I. 0,1825 g Substanz lieferten 0,2650 CO_2 und
0,1110 H_2O.

II. 0,2405 g Substanz lieferten 0,3476 CO_2 und
0,1455 H_2O.

	Gefunden		Berechnet nach der Formel
	I.	II.	$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$
C	39,62	39,42	40,00
H	6,76	6,72	6,67.

„Dieselbe Substanz wurde, da sie ja noch Wasser enthalten konnte, nunmehr bei 80° C. weiter getrocknet. 0,5040 g verloren dabei 0,0080 g = 1,59 %. Somit entsprechen 100 g des über Schwefelsäure getrockneten Präparates 98,41 g des bei 80° C. getrockneten. Nimmt man von den beiden angeführten Analysen das Mittel, so würden sich für die bei 80° C. getrocknete Substanz 40,16 % C berechnen.

0,2305 g der bei 80° C. getrockneten Maltose ergaben bei der Elementaranalyse 0,3375 CO_2 und 0,1434 H_2O, d. i. 39,93 % C und 6,91 % H."

Die Identität von Glykogen-Maltose und Amylum-Maltose hält E. Külz hierdurch genügend bewiesen.

Trotzdem wird noch in der letzten Zeit Zweifel über die Natur der Zuckerart erhoben, welche bei der Einwirkung von Speichel- und Pankreasferment aus dem Glykogen entsteht. So heisst es noch in dem bekannten Lehrbuch der physiologischen und pathologischen Chemie von Bunge[2]): „Bei der Spaltung durch Fermente zerfällt

1) E. Külz, Zur Kenntniss der Maltose. Pflüger's Archiv Bd. 24 S. 81 (1881).

2) Bunge, Lehrb. d. physiol. u. path. Chemie. Leipzig, 1887, S. 337.

das Glykogen zunächst in ein dextrinähnliches Kohlehydrat und in eine maltoseähnliche Zuckerart."

Im Lehrbuch der physiologischen Chemie von O. Hammarsten[1]) liest man: „Wie die Stärke wird auch das Glykogen von dem Ptyalin unter Wasseraufnahme in Dextrin und Zucker (wie es scheint Maltose) gespalten."

Die geäusserten Bedenken sowie gewisse theoretische Erwägungen gaben den Anstoss, die Saccharificirung der Stärke und des Glykogens durch thierische Fermente nach der aus der Ueberschrift dieser Arbeit ersichtlichen Richtung einem erneuten Studium zu unterziehen, zumal wir durch die Arbeiten Emil Fischer's in den Stand gesetzt sind, die Zuckerarten als wohlcharakterisirte Osazone zu isoliren.

Einwirkung von Parotidenspeichel des Menschen auf Stärke.

Von einem 5 %igen, aus Reisstärke bereiteten und sterilisirten Stärkekleister wurde ein halbes Liter mit 15 ccm Parotidenspeichel, der mit sterilisirter Kanüle einem kräftigen Manne entnommen war, gemischt und 36 Stunden im Brütofen auf 40° C. erwärmt. Eine nach Soxhlet-Allihn ausgeführte Zuckerbestimmung ergab, dass der auf Maltose berechnete Zuckergehalt des Filtrates 3,1 % betrug.

Um die in der Lösung enthaltene Zuckerart in Form ihres Osazons zu isoliren, wurde das aufgekochte und auf 180 ccm eingedampfte Filtrat mit 24 g salzsaurem Phenylhydrazin und 36 g Natriumacetat 1 ½ Stunden im kochenden Wasserbade erhitzt. Weder in der erhitzten noch in der erkalteten Flüssigkeit liess sich eine Ausscheidung von Krystallen erkennen. Erst ein Zusatz von der vierfachen Menge destillirten Wassers hatte die sofortige Abscheidung eines gelben voluminösen Niederschlages zur Folge, der nach zwölfstündigem Stehen abgesaugt und auf Thontellern getrocknet wurde. Aus heissem Wasser dreimal umkrystallisirt, zeigte der Körper alle Eigenschaften des Isomaltosazons. Er begann bei 140° C. zu sintern und schmolz vollständig bei 150° C. Beim Trocknen im Vacuum färbte er sich orange, war in heissem Wasser

1) Olof Hammarsten, Lehrbuch der physiol. Chemie. Wiesbaden, 1891, S. 143.

und heissem Alkohol leicht löslich und erschien unter dem Mikroskop in den für das Isomaltosazon charakteristischen feinen, meist zu Kugeln gruppirten Nadeln. Seine Menge betrug 3,5 g.

Zur Analyse wurde die Substanz nochmals aus siedendem Wasser umkrystallisirt, dann zwischen Filtrirpapier getrocknet, fein zerrieben und schliesslich bis zu constantem Gewicht auf 105° C. erhitzt.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,1988 g Substanz lieferten 18,0 ccm Stickstoff bei 12° C. und 740 mm Barometerstand.

Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$		Gefunden
N	10,77 %	10,46 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmungen.

I. 0,2172 g Substanz gaben 0,4385 g CO_2 und 0,1253 g H_2O.
II. 0,2232 g Substanz gaben 0,4518 g CO_2 und 0,1286 g H_2O.

Berechnet		Gefunden	
für $C_{24}H_{32}N_4O_9$		I	II
C	55,38 %	55,06 %	55,20 %,
H	6,15 %	6,41 %	6,40 %.

Einwirkung von gemischtem Speichel des Menschen auf Stärke.

250 ccm eines 5 % igen, aus Reisstärke bereiteten Kleisters wurden mit filtrirtem, gemischtem Speichel (30 ccm) 36 Stunden im Brütofen auf 40° C. erwärmt. In der aufgekochten und filtrirten Flüssigkeit belief sich der auf Maltose bezogene, nach Soxhlet-Allihn bestimmte Zuckergehalt auf 3,8 %.

Zur Darstellung des Osazons wurde das auf 100 ccm eingeengte Filtrat mit 12 g salzsaurem Phenylhydrazin und 18 g Natriumacetat versetzt und 1 1/2 Stunden im kochenden Wasserbade erhitzt. Schon während des Erhitzens schied sich reichlich ein Osazon aus, dessen Menge beim Erkalten der Flüssigkeit noch zunahm. Der Niederschlag wurde abgesaugt, mit kaltem Wasser gewaschen, auf Thontellern getrocknet und aus heissem Wasser umkrystallisirt. Dabei löste er sich nur zum Theil auf. Das durch Filtration von der heissen Lösung getrennte unlösliche Osazon wurde mit heissem Alkohol aufgenommen. Aus der alkoholischen Lösung fiel es durch

Wasserzusatz in Krystallen aus, die durch Form, hellgelbe Farbe und Schmelzpunkt sich als Dextrosazon erwiesen. Seine Menge betrug 1,6 g.

Der wasserlösliche Antheil des ursprünglichen Osazongemisches schied sich aus seiner heissen Lösung als gelbbraune Krystallmasse ab, deren mikroskopische Untersuchung ergab, dass sie theils aus feinsten, zu Kugeln gruppirten Nadeln (Isomaltosazon), theils aus grösseren, auf Maltosazon zu beziehenden Nadeln bestand. Das Gewicht des zweimal aus heissem Wasser umkrystallisirten Präparates betrug ein Gramm. Sein Schmelzpunkt wurde zu 158° C. gefunden. Bei derselben Temperatur schmolz auch ein zum Vergleich hergestelltes Gemenge von einem Theil Isomaltosazon und zwei Theilen Maltosazon.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,2248 g Substanz lieferten 20,6 ccm Stickstoff bei 12° C. und 728 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,41 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,1850 g Substanz gaben 0,3760 g CO_2 und 0,1052 g H_2O.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
C	55,38 %	55,43 %,
N	6,15 %	6,32 %.

Die analysirte Substanz bestand somit aus einem Gemenge von Maltosazon und Isomaltosazon, deren Mengen sich etwa wie 2 : 1 verhielten.

Im Anschluss hieran wurden Versuche angestellt, bei denen auf die gleiche Menge Reisstärke einerseits verschiedene Mengen gemischten Speichels gleich lange und andererseits gleich grosse Mengen desselben Speichels verschieden lange einwirkten.

1. Versuch. 24stündige Einwirkung von 5 ccm filtrirten gemischten Speichels vom Menschen auf Stärkekleister (12,5 g Reisstärke auf 250 ccm Wasser) bei 40° C.

Die Bearbeitung des Verdauungsgemisches mit Phenylhydrazin lieferte nur Isomaltosazon, das nach zweimaligem Umkrystallisiren alle diesem Körger eigenthümlichen Eigenschaften zeigte.

2. Versuch. 24stündige Einwirkung von **50 ccm** desselben gemischten Speichels vom Menschen auf Stärkekleister (12,5 g Reisstärke auf 250 ccm Wasser) bei 40 ° C.

Neben 1,2 g Dextrosazon erhielten wir 3 g eines nach dreimaligem Umkrystallisiren bei 190 ° C. schmelzenden, also aus Maltosazon bestehenden Productes, dagegen kein Isomaltosazon.

3. Versuch. 24 stündige Einwirkung von 5 ccm desselben gemischten Speichels auf Stärkekleister (12,5 g Reisstärke auf 250 ccm Wasser) bei 40 ° C.

Die Versuchsbedingungen und die erhaltenen Resultate waren dieselben wie bei Versuch 1.

4. Versuch. 72 stündige Einwirkung von 5 ccm desselben gemischten Speichels auf Stärkekleister (12,5 g Reisstärke auf 250 ccm Wasser) bei 40 ° C.

Essigsaures Phenylhydrazin brachte in dem Verdauungsgemisch eine starke, krystallinische Ausscheidung hervor, die aus 3 g Dextrosazon und 2 g eines bei 160 ° C. schmelzenden Gemenges von Maltosazon und Isomaltosazon bestand.

Die angeführten Versuche scheinen dafür zu sprechen, dass wenig Ferment und kurze Einwirkungsdauer die Bildung der Isomaltose begünstigen, und dass durch viel Ferment und lange Einwirkung neben grösseren Mengen von Maltose auch Dextrose entsteht. (Vergl. in dieser Beziehung Lintner und Düll, Ber. d. d. chem. Ges. 26. 2539.)

Einwirkung von Bauchspeichel des Hundes auf Stärke.

5 g Reisstärke wurden mit 100 ccm Wasser verkleistert und nach Zusatz von zwei Tropfen Bauchspeichel, der von einem kräftigen Hunde ganz frisch gewonnen war, 24 Stunden lang im Brütofen auf 40 ° C. erwärmt. Die aufgekochte und filtrirte Flüssigkeit, deren Zuckergehalt, auf Maltose bezogen, 2,8 % betrug, wurde auf 30 ccm eingeengt, mit 4 g salzsaurem Phenylhydrazin, 6 g Natriumacetat und einigen Tropfen verdünnter Essigsäure versetzt und 1½ Stunden im Wasserbade erhitzt. In dem erkalteten Gemisch entstand ein gelber Krystallbrei, der aus siedendem Wasser umkrystallisirt wurde. Das abgesaugte, sorgfältig mit Wasser gewaschene

und im Vacuum über Schwefelsäure getrocknete Osazon verhielt sich bei der Schmelzpunktbestimmung in der von Emil Fischer für das Isomaltosazon angegebenen Weise, indem es bei 140 ° C. zu sintern begann und bei 150 ° C. vollständig schmolz. Seine leichte Löslichkeit in heissem Wasser und heissem Alkohol, sein Farbenwechsel beim Trocknen, wie auch seine Krystallform liessen keinen Zweifel übrig, dass es sich um Isomaltosazon handelte.

Von der fein zerriebenen, erst im Vacuum und dann bei 105 ° C. getrockneten Substanz lieferten 0,1606 g 14,3 ccm Stickstoff bei 9 ° C. und 755 mm Barometerstand.

Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N 10,77 %	10,62 %.

Einwirkung von Rindspankreas auf Stärke.

25 g Reisstärke wurden mit ½ l Wasser verkleistert und nach Zusatz von 30 ccm Glycerinextract vom Rindspankreas 18 Stunden im Brütofen auf 40 ° C. erwärmt. In dem aufgekochten und filtrirten Verdauungsgemisch wurde der auf Maltose bezogene Zuckergehalt zu 2,3 % bestimmt.

Um die in der Lösung enthaltene Zuckerart in Form ihres Osazons abzuscheiden, wurde das auf 150 ccm eingeengte Filtrat mit 25 g salzsaurem Phenylhydrazin und 36 g Natriumacetat 1½ Stunden im kochenden Wasserbade erhitzt. Aus der rothbraun gewordenen Flüssigkeit schieden sich auch nach dem Erkalten keine Krystalle ab. Erst der Zusatz des vierfachen Volumens destillirten Wassers bewirkte die sofortige Abscheidung eines gelben, voluminösen Niederschlages, der nach zwölfstündigem Stehen abgesaugt, auf Thontellern getrocknet und aus heissem Wasser umkrystallisirt wurde. Aus der erkaltenden Lösung schied sich das Osazon in den charakteristischen Krystallen des Isomaltosazons ab, die sich in siedendem Wasser und heissem Alkohol leicht lösten und beim Trocknen im Vacuum orange färbten. Das zweimal umkrystallisirte Osazon, dessen Menge 2,5 g betrug, schmolz bei 150 ° C., begann aber schon bei 140 ° C. zu sintern. Ein nochmals umkrystallisirter zunächst im Vacuum und dann bei 105 ° C. getrockneter Theil des Präparates wurde zur Analyse benutzt.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,1688 g Substanz lieferten 14,7 ccm Stickstoff bei 10° C. und 752,5 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,33 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,2175 g Substanz gaben 0,4398 g CO_2 und 0,1249 g H_2O.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
C	55,38 %	55,15 %.
H	6,15 %	6,38 %.

Einwirkung von Parotidenspeichel des Menschen auf Leberglykogen.

8 g Glykogen, das, um jede Einwirkung von Kali zu verhüten, aus Hundeleber durch Extraction mit Wasser gewonnen war, wurden in 200 ccm Wasser gelöst, sterilisirt und mit 40 ccm Parotidenspeichel, der mit sterilisirter Kanüle einem kräftigen Manne entnommen war, 18 Stunden im Brütofen auf 40° C. erwärmt. Die aufgekochte, filtrirte und auf 60 ccm eingeengte Flüssigkeit schied beim 1½ stündigen Erhitzen mit 8 g salzsaurem Phenylhydrazin und 12 g Natriumacetat im kochenden Wasserbade ein Osazon aus, dessen Menge sich beim Erkalten der Flüssigkeit noch vermehrte. Der abgesaugte Niederschlag löste sich nur zum Theil in siedendem Wasser. Das unlösliche, aus heissem Alkohol umkrystallisirte Osazon zeigte Schmelzpunkt, Krystallform und Farbe des Dextrosazons. Seine Menge betrug 0,8 g.

Der in heissem Wasser lösliche und beim Erkalten der Lösung abgeschiedene Theil der ursprünglichen Osazone wurde nochmals umkrystallisirt. Bei der mikroskopischen Untersuchung des Präparates waren sowohl die kugeligen Krystallgruppen des Isomaltosazons, als auch die grösseren Nadeln des Maltosazons erkennbar. Der Schmelzpunkt lag bei 158° C. in Uebereinstimmung mit demjenigen einer zum Vergleich hergestellten Mischung von einem Theil Isomaltosazon und zwei Theilen Maltosazon. Ein nochmaliges Umkrystallisiren des Präparates, dessen Menge schliesslich nur 0,3 g betrug, erhöhte den Schmelzpunkt auf 165° C.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,1850 g Substanz lieferten 16,58 ccm Stickstoff bei 12 ° C. und 748 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,47 %.

Es handelte sich demnach, wie in Versuch II, um ein Gemenge von Isomaltosazon und Maltosazon.

Einwirkung geringer Mengen von Parotidenspeichel des Menschen auf Muskelglykogen.

10 g Glykogen, das aus Pferdefleisch dargestellt war, wurden in 60 ccm Wasser gelöst und mit 7 ccm Parotidenspeichel 24 Stunden im Brütofen auf 40 ° C. erwärmt. Die mit der genügenden Menge essigsauren Phenylhydrazins versetzte klare Flüssigkeit wurde 1 ½ Stunden im kochenden Wasserbade erhitzt. Das schon während des Erhitzens und noch mehr nach dem Erkalten des Gemisches sich abscheidende Osazon wurde abgesaugt und aus heissem Wasser umkrystallisirt. Dabei blieb ein geringer Theil der Krystallmasse ungelöst, der mit heissem Alkohol aufgenommen und aus dieser Lösung durch Wasserzusatz wieder abgeschieden wurde. Der Körper, dessen Menge 0,6 g betrug, schmolz bei 204 ° C. und musste sowohl deshalb als auch wegen seiner hellgelben Farbe und charakteristischen Krystallform als Dextrosazon angesprochen werden.

Der in heissem Wasser lösliche Theil des krystallinischen Productes wurde nach dem Erkalten der Lösung abgesaugt und wieder aus siedendem Wasser umkrystallisirt. Durch die mikroskopische Untersuchung wurde festgestellt, dass es sich fast ausschliesslich um die Formen des Isomaltosazons handelte; nur vereinzelt waren Krystalle des Maltosazons bemerkbar. Die Menge betrug 1,2 g, der Schmelzpunkt wurde zu 154 ° C. gefunden. Das beim reinen Isomaltosazon vor dem Schmelzen eintretende Sintern war hier nicht zu beobachten, ein Mangel, der höchst wahrscheinlich auf den sehr geringen Gehalt des Präparates an Maltosazon zurückzuführen ist.

Die zur Analyse dienende Substanz wurde noch zweimal umkrystallisirt, sorgfältig ausgewaschen und bei 105 ° C. getrocknet.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,2258 g Substanz lieferten 21 ccm Stickstoff bei 12° C. und 728 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,57 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,1293 g Substanz gaben 0,2611 g CO_2 und 0,0756 g H_2O.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
C	55,38 %	55,08 %
H	6,15 %	6,50 %.

Einwirkung grösserer Mengen von Parotidenspeichel des Menschen auf Muskelglykogen.

20 g Muskelglykogen vom Pferd wurden in 112 ccm Wasser gelöst, mit 105 ccm menschlichem Parotidenspeichel versetzt und 24 Stunden im Brütofen auf 40° C. erwärmt. Eine in dem Filtrate nach Soxhlet-Allihn ausgeführte Zuckerbestimmung ergab einen auf Maltose berechneten Zuckergehalt von 6,1 %.

Die auf 160 ccm eingeengte Flüssigkeit wurde mit 16 g salzsaurem Phenylhydrazin und 24 g Natriumacetat versetzt und wie in den beschriebenen Versuchen weiter behandelt. Das Gemisch, aus dem sich schon während des Erhitzens reichlich Osazon abschied, erstarrte nach dem Erkalten zu einem Krystallbrei, der nach mehrstündigem Stehen abgesaugt, mit kaltem Wasser sorgfältig gewaschen und auf Thontellern getrocknet wurde. Bei der Behandlung des krystallinischen Productes mit heissem Wasser trat nur zum Theil Lösung ein. Aus dem Filtrate schied sich nach dem Erkalten in schönen Nadeln ein Osazon aus, das, abgesaugt, getrocknet und nochmals aus siedendem Wasser umkrystallisirt, bei 190° C. schmolz, in Uebereinstimmung mit einem aus reiner Maltose frisch dargestellten Maltosazon, dessen Schmelzpunkt gleichzeitig bestimmt wurde.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,1980 g Substanz lieferten 17,8 ccm Stickstoff bei 11° C. und 749 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,56 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,1811 g Substanz gaben 0,3666 g CO_2 und 0,1045 g H_2O.

Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$		Gefunden
C	55,38	55,21
H	6,15	6,41.

Der beim Umkrystallisiren des rohen Osazons aus siedendem Wasser ungelöst gebliebene Rückstand löste sich in heissem Alkohol auf und schied sich aus dieser Lösung beim Versetzen mit Wasser in schönen, hellgelben Nadeln ab, die nach dem Trocknen im Vacuum den Schmelzpunkt 204° C. zeigten. Eine Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky lieferte Zahlen, die zu denen des Dextrosazons stimmten.

Es gaben 0,1596 g Substanz 22 ccm Stickstoff bei 14° C. und 746 mm Barometerstand.

Berechnet für $C_{18}H_{22}N_4O_9$		Gefunden
N	15,64 %	15,91 %.

Hervorgehoben sei, dass in diesem Versuch kein Isomaltosazon gewonnen wurde.

Einwirkung von Rindspankreas auf Leberglykogen.

8 g Glykogen, das aus Hundeleber durch Extraction mit Wasser gewonnen war, wurden in 200 ccm Wasser gelöst. Die sterilisirte Lösung wurde mit 10 ccm Glycerinpankreasextract vom Rind 18 Stunden lang im Brütofen auf 40° C. erwärmt. Das aufgekochte, auf 60 ccm eingeengte Filtrat schied beim 1½ stündigen Erhitzen mit der erforderlichen Menge essigsauren Phenylhydrazins weder in der Wärme noch nach dem Erkalten Krystalle ab. Erst als es mit der vierfachen Menge destillirten Wassers versetzt wurde, trat sofortige Abscheidung eines gelben, die ganze Flüssigkeit erfüllenden Niederschlages ein, der nach zwölfstündigem Stehen abfiltrirt, mit kaltem Wasser gewaschen und aus heissem Wasser umkrystallisirt wurde. Dabei blieb von dem Niederschlage ein geringer Theil (0,4 g) ungelöst, der sich bei genauerer Untersuchung als Dextrosazon erwies.

Der in siedendem Wasser lösliche und beim Erkalten der Lösung auskrystallisirte Theil des Rohproduktes bestand zum

weitaus grössten Theil aus den zu Kugeln vereinigten Nadeln des Isomaltosazons und nur zu einem geringen Theil aus den grösseren Nadeln des Maltosazons. Nach zweimaligem Umkrystallisiren aus möglichst wenig heissem Wasser zeigte das Product den Schmelzpunkt 135° C., der sich durch wiederholtes Umkrystallisiren des Präparates auf 147° C. und schliesslich auf 150° C. steigern liess. Die 0,8 g betragende Menge wurde nach dem Trocknen bis zu constantem Gewicht zur Analyse verwendet.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,1942 g Substanz lieferten 17,2 ccm Stickstoff bei 11° C. und 739 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,31 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,2210 g Substanz gaben 0,4453 g CO_2 und 0,1295 g H_2O.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
C	55,38 %	54,95 %,
H	6,15 %	6,51 %.

Einwirkung von Rindspankreas auf Muskelglykogen.

10 g Glykogen, das aus Pferdefleisch nach dem Kaliverfahren dargestellt war, wurden in 60 ccm Wasser gelöst und mit 12 ccm Glycerinextract vom Rindspankreas 24 Stunden lang im Brütofen auf 40° C. erwärmt. Das aufgekochte, mit 10 g salzsaurem Phenylhydrazin und 15 g Natriumacetat versetzte Filtrat blieb bei 1½-stündigem Erhitzen im kochenden Wasserbade klar und schied auch beim Erkalten keine Krystalle aus. Erst als die vierfache Menge Wasser zugesetzt wurde, trat sofort ein gelber, voluminöser Niederschlag ein, der nach mehrstündigem Stehen abgesaugt und sorgfältig mit kaltem Wasser ausgewaschen wurde. Von diesem Niederschlage blieb beim Umkrystallisiren aus heissem Wasser nur ein äusserst geringer Theil ungelöst, der sich als Dextrosazon erwies.

Aus dem heissen Auszug des Rohproduktes schied sich nach dem Erkalten in reichlichen Mengen ein gelbbrauner Körper aus, der, nochmals aus siedendem Wasser umkrystallisirt, schon bei 130° C. schmolz, obwohl bei der mikro-

skopischen Untersuchung die charakteristischen Formen des Isomaltosazons besonders schön zu beobachten waren. Durch weiteres Umkrystallisiren des 1,2 g betragenden Productes stieg der Schmelzpunkt zunächst auf 138° C. und schliesslich auf 150° C.

Zur Analyse wurde die viermal umkrystallisierte, bei 105° C. bis zu constantem Gewicht getrocknete Substanz verwandt.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,1493 g Substanz lieferten 13,34 ccm Stickstoff bei 11° C. und 755 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,58 %.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,1834 g Substanz gaben 0,3701 g CO_2 und 0,1071 g H_2O.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
C	55,38 %	55,04 %.
H	6,15 %	6,49 %.

Im Anschluss an die Lösung der in der Ueberschrift dieser Arbeit aufgeworfenen Frage galt es noch eine Lücke auszufüllen, nämlich zu untersuchen, ob auch bei der Einwirkung pflanzlicher Diastase auf Glykogen Isomaltose auftritt, eine Frage, die bereits Cremer[1]) in Angriff zu nehmen versucht hat. Er berichtet darüber Folgendes: „. . . es schien mir von höchstem Interesse, festzustellen, ob sich auch unter den Inversionsproducten des Glykogens Isomaltose würde isoliren lassen. Ich habe daher unter Leitung des Herrn Professor C. J. Lintner und seines Assistenten Herrn Dr. Düll im gährungschemischen Laboratorium der hiesigen technischen Hochschule vor Jahresfrist einige Versuche mit Diastase-Einwirkung auf Glykogen angestellt, bei denen ich mich bemühte, möglichst diejenigen Bedingungen einzuhalten, welche bei der Stärke fast gar keine Maltose, und demgemäss auch aus den Inversionsproducten kein Maltosazon (Schmelzpunkt 188°) darstellen lassen."

„Ich bemerke, dass es mir in keinem Fall gelang, ein Osazon zu erhalten, dessen Schmelzpunkt unter 180° lag (Schmelzpunkt

1) M. Cremer, Ueber das Verhalten einiger Zuckerarten im thierischen Organismus. Habilitationsschrift. München, 1893.

des Isomaltosazons 150—153°). Nun habe ich aber die Versuche nur mit sehr kleinen Mengen anstellen können, da das Glykogen leider ein billiger Stoff nicht ist. Es sind daher diese Versuche nicht ohne weiteres zu vergleichen mit den Versuchen Lintner's, der bei den Untersuchungen der Diastase-Einwirkung ein halbes Kilo Stärke auf einmal zur Verarbeitung nahm."

„Ich theile daher den Befund einfach mit, ohne aus ihm weitgehende Schlussfolgerungen ziehen zu wollen, möchte aber nicht unausgesprochen lassen, dass hier vielleicht ein constitutioneller Unterschied zwischen Glykogen und Stärke erkennbar zu Tage tritt."

Einwirkung von Diastase auf Muskelglykogen.

Versuch I.

10 g Glykogen, das aus der Muskulatur eines während der Geburt abgestorbenen Kindes nach dem Kaliverfahren gewonnen war, wurden in 200 ccm Wasser gelöst und mit 40 ccm eines durch dreistündige Digestion von einem Theil fein zerriebenen Malzes mit drei Theilen Wasser bei 40° C. dargestellten Malzauszuges [1]) 24 Stunden im Brütofen auf 40° C. erwärmt. In der aufgekochten, filtrirten und auf 60 ccm eingeengten Flüssigkeit entstand bei 1½ stündigem Erhitzen mit der erforderlichen Menge essigsauren Phenylhydrazins ein Niederschlag, der von der heissen Lösung durch Filtration getrennt wurde. Es erwies sich bei genauer Untersuchung als Dextrosazon. Seine Menge betrug 0,4 g, blieb also noch hinter der des aus Malzauszug allein erhaltenen Dextrosazons zurück.

Aus dem Filtrate schied sich beim Erkalten ein Osazon als voluminöser Niederschlag aus, der wegen seiner gallertartigen Beschaffenheit durch Erwärmen der Flüssigkeit wieder gelöst wurde und nun in sehr feinen, zu kugeligen Gebilden vereinigten Formen wieder ausfiel. Die abfiltrirte Substanz wog nach nochmaligem Umkrystallisiren 1,8 g und zeigte Schmelzpunkt, Krystallform und alle sonstigen Eigenschaften des Isomaltosazons.

---

1) Das angewandte Malzinfus, welches Fehling'sche Lösung stark reducirte, enthielt 3,5 % Dextrose (nach Soxhlet-Allihn bestimmt). Aus 40 ccm, die demnach 1,4 g Dextrose enthielten, gewannen wir 0,64 g reines Dextrosazon dagegen weder Maltosazon noch Isomaltosazon.

Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky.

0,2294 g Substanz lieferten 21,4 ccm Stickstoff bei 11 ° C. und 747 mm Barometerstand.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
N	10,77 %	10,93 %.

Versuch II.

10 g Glykogen, das nach dem Kaliverfahren aus Pferdefleisch dargestellt war, wurden in 200 ccm Wasser gelöst und mit 40 ccm eines Malzauszuges [1]) versetzt, der durch zweistündige Digestion von einem Theil fein zerriebenen Malzes mit 4 Theilen Wasser bei 40 ° C. gewonnen war. In dem 24 Stunden lang auf 70 ° C. erhitzten Gemisch war noch ein Theil des Glykogens unverändert. Das aufgekochte, auf 80 ccm eingeengte Filtrat wurde mit der erforderlichen Menge essigsauren Phenylhydrazins 1½ Stunden im kochenden Wasserbade erhitzt und schied dabei ein Osazon aus, das nach dem Erkalten der Reactionsflüssigkeit abfiltrirt und mit kaltem Wasser gewaschen wurde. In siedendem Wasser war der grössere Theil des Osazongemisches unlöslich. Das unlösliche Product zeigte Schmelzpunkt, Farbe und Krystallform des Dextrosazons. Seine Menge betrug 1 g.

Der in heissem Wasser lösliche Theil des Rohproductes wog nach zweimaligem Umkrystallisiren 0,8 g und schmolz bei 158 ° C. Nach nochmaligem Umkrystallisiren aus siedendem Wasser zeigte das Präparat den richtigen Schmelzpunkt wie die sonstigen Eigenschaften des Isomaltosazons und lieferte bei der Analyse die für diese Substanz berechneten Zahlen.

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung.

0,1362 g Substanz gaben 0,2760 g CO_2 und 0,0787 g H_2O.

	Berechnet für $C_{24}H_{32}N_4O_9$	Gefunden
C	55,38 %	55,27 %
H	6,15 %	6,42 %.

Das Verhalten des Glykogens gegen Diastase lieferte in unseren beiden Versuchen keinen Anhaltspunkt, zwischen Stärke und Glykogen einen constitutionellen Unterschied zu begründen.

1) Das angewandte Malzinfus enthielt 2,27 % Traubenzucker. Aus 40 ccm, die demnach 0,91 g Traubenzucker enthielten, konnten durch Behandlung mit essigsaurem Phenylhydrazin 0,45 g reines Dextrosazon erhalten werden, aber weder Isomaltosazon noch Maltosazon.

Volummessungen des menschlichen Körpers und seiner einzelnen Theile in den verschiedenen Altersstufen.

Von

Dr. med. Carl Meeh.

(Die Versuche wurden im physiologischen Laboratorium zu München im Wintersemester 1884/85 angestellt.)[1]

(Mit Tafel I.)

Vorliegende Volummessungen des Menschen sind im Anschluss an frühere Oberflächenmessungen[2]) entstanden ohne Rücksicht auf den praktischen Werth, welchen sie sonst vielleicht für die Physiologie, plastische oder pathologische Anatomie, gerichtliche Medicin u. s. w. haben könnten. Denn es erscheint schon für sich allein interessant genug, zu wissen, welche Grösse die einzelnen von keinem anatomischen Messer zerlegten, in ihrem natürlichen Zusammenhang stehenden Körpertheile des Menschen in den verschiedenen Altersstufen besitzen. Freilich sind Gewichts- oder Volumbestimmungen normaler innerer Organe schon häufig aus ärztlichem und gerichtsärztlichem Interesse ausgeführt worden, weil man zur Feststellung z. B. etwaiger pathologischer Vergrösserungen bei Sectionen ihre normale Grösse kennen musste; die inneren,

1) Ich theile die Resultate dieser schon vor neun Jahren in meinem Laboratorium von Herrn Dr. Meeh ausgeführten, mühsamen Messungen mit, da sie für manche Zwecke Interesse haben und vielleicht zu weiteren Bestimmungen dieser Art an Thieren anregen. C. Voit.

2) Meeh, Zeitschr. f. Biol. 1879, Bd. 18 S. 425.

lebenswichtigsten Organe sind es zumeist, welche die Todesursachen erkennen lassen.

Bei der Frage nach der Wachsthumsgrösse der einzelnen Körpertheile in den verschiedenen Altersstufen muss jedoch jeder Körpertheil berücksichtigt werden. Ja es sind gerade die bis jetzt bei der Messung so vernachlässigten äusseren Gliedmassen zur genauen Messung viel geeigneter, da sich ihr Volumen nicht in dem Grade ändert, wie z. B. das der Brust- oder Baucheingeweide. Es entsteht dabei die Frage, ob die aus demselben Material (dem Blut), und vermittelst anatomisch gleicher Zu- und Abflusskanäle ernährten Körpertheile gleichmässig wachsen; oder andernfalls, was die Ursache ihrer verschiedenen Wachsthumsgeschwindigkeit ist. Wenigstens war diese Frage der Hauptgrund zu meinen folgenden Volummessungen: bei früheren Messungen der einzelnen Theile der menschlichen Körperoberfläche hatte ich nämlich ebenfalls in den verschiedenen Altersstufen eine ungleichmässige Vergrösserung gefunden und damals ein bestimmtes Princip bei dem verschiedenen Wachsthum der einzelnen Theile vermuthet.

Einige Gewichts- und Volumbestimmungen der einzelnen Körpertheile von Leichen Erwachsener hat Harless[1]) 1857 veröffentlicht, Volumbestimmungen der einzelnen Körpertheile an Lebenden sind jedoch bis jetzt meines Wissens noch nicht gemacht worden. Die Messung am Lebenden scheint der Wahrheit näher zu kommen, als die an Leichen, weil es sich wenigstens im vorliegenden Fall hauptsächlich um Beobachtung von Vorgängen während des normalen Lebens handelt. Doch wurden für die Messungen in den ersten Lebensjahren Leichen benützt, um die voraussichtlich bei lebenden kleinen Kindern entstehenden Hindernisse zu vermeiden.

1) Harless bestimmte die absoluten und specifischen Gewichte der Theile bei sechs Leichen Erwachsener (Abhandl. d. k. b. Akad. d. Wiss., II. Cl. 1857, Bd. 8 1. Abth. S. 279 — 282). In der zweiten Abhandlung über die statischen Momente der menschlichen Gliedmassen (a. a. O. S. 274) sind die absoluten Gewichte der Theile von zwei Hingerichteten (Graf u. Kefer) zusammengestellt. Er gibt nun an, wie man bei Lebenden durch Bestimmung des Volums der Theile und dem an Leichen ermittelten specifischen Gewicht dieser Theile das Gewicht derselben berechnen kann, was er zur Feststellung des Schwerpunktes gebrauchte. (A. a. O. S. 284 und Gelehrte Anz. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 1857, No. 31 S. 252).

Die von Harless angewandte Methode war folgende:[1])

Er schnitt die einzelnen Körpertheile ab mit Rücksicht auf anatomische Verhältnisse (z. B. Berührungsfläche der Gelenke), liess dieselben in mit Wasser gefüllten Gefässen untertauchen und bestimmte das Volumen der Theile durch die Menge des überfliessenden Wassers. Zum Messen ganzer Leichen und grösserer Leichentheile benützte er einen grossen hölzernen Cylinder, welcher oben mit einem Hahn zum Abfluss des verdrängten Wassers versehen war, und zur Messung kleinerer Theile kleinere Gefässe aus Blech, an deren oberem Rand eine Rinne zum Abfluss des verdrängten Wassers angebracht war. Dieselben Gefässe habe ich bei meinen Messungen benützt; dabei habe ich die Methode von Harless etwas modificirt, worauf ich später näher zu sprechen kommen werde. Mit Rücksicht auf die Messung am Lebenden musste ich auch eine andere Abgrenzung der einzelnen Körpertheile wählen.

Für Harless, welcher mit dem Messer die einzelnen Theile trennte, genügte bei der Eintheilung des Körpers die blosse Rücksicht auf den anatomischen Bau; bei einer Messung am Lebenden muss jedoch die nur gedachte Trennungsfläche der einzelnen Körpertheile beim Eintauchen in's Wasser mit der Wasseroberfläche, also mit einer horizontalen Ebene, zusammenfallen. Daher werden im lezteren Falle zwar möglichst viele constante anatomische Punkte berücksichtigt, doch ist dabei erste Bedingung: dass

die für eine Trennungsfläche in Rücksicht gezogenen anatomischen Punkte in einer Ebene liegen.

So z. B. hat Harless bei der Messung der unteren Extremitäten die Trochanteres majores durch eine von einer Ebene wesentlich verschiedene Schnittfläche vom Rumpfe getrennt und mit den unteren Extremitäten zusammen gemessen; dagegen werden sie bei meiner Eintheilung bei den unteren Extremitäten nicht mitgemessen, da sie oberhalb der gewählten Trennungsebene zwischen Becken und unteren Extremitäten zu liegen kommen. Daraus erklärt sich auch der von meinen Messungen etwas abweichende

1) Die statischen Momente der menschlichen Gliedmassen, 1. Abhandl., Abhandl. d. k. bayer. Akad. d. Wiss. 2. Cl. 1857, Bd. 8 Abth. 1 S. 77.

grössere Werth von Harless für Oberschenkel und untere Extremitäten in Tabelle XII.

Die nach Heitzmann gezeichneten Figuren (Seite 129) lassen die Eintheilung des Körpers durch Ebenen erkennen.

Darnach zerfällt der ganze Körper in folgende Theile:

I. Kopf und Hals.

1. Schädel.

2. Oberkiefer. (Die Grenzlinie zwischen Oberkiefer und Schädel zieht von der Protuberantia occipitalis externa durch die Basis des Processus mastoideus zum Supraorbitalrand).

3. Unterkiefer (die Grenzlinie gegen den Oberkiefer geht von der Protuberantia occipitalis externa durch die Spitze des Processus mastoideus bis zur Berührungslinie der Lippen).

4. Hals (zwischen Unterkiefer und Hals geht die Grenze von der Protuberantia occipitalis externa zum Unterkieferwinkel und von da bis zur Zungenbeinbasis).

II. Rumpf.

5. Brust (zwischen Hals und Brust geht die Grenze durch die Spitze des Dornfortsatzes des 6. Halswirbels, durch die Spitze des Acromion und des Ligamentum interclaviculare).

6. Bauch (von der Brust getrennt durch eine von der Spitze des 9. Brustwirbels zum unteren Rand des Brustbeins gezogene Linie).

7. Becken (grenzt sich vom Bauch ab durch eine von der Spitze des Dornfortsatzes des 4. Lendenwirbels längs der Darmbeinkämme bis unterhalb des Nabels verlaufende Linie).

III. Obere Extremität.

8. Oberarm (Grenze gegen die Brust: Acromionspitze, Schnittpunkte der äusseren Brustfläche mit den unteren Rändern des M. latissimus dorsi und M. pectoralis major).

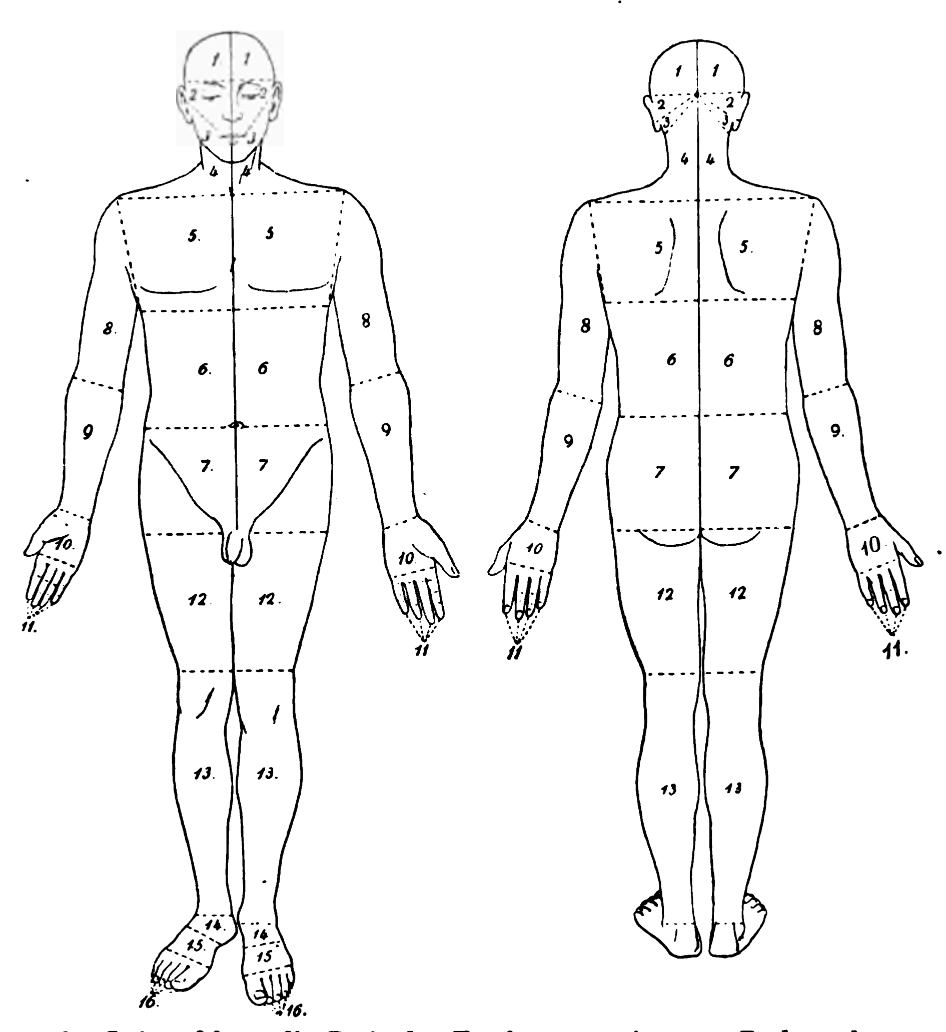
9. Unterarm.

10. Handwurzel, Mittelhand und Daumen.

11. Die 4 letzten Finger.

IV. Untere Extremität.

12. Oberschenkel (durch den untersten Punkt des Damms, die untersten Punkte der Tubera ischii, die inneren untersten Punkte



der Leistenfalten, die Basis des Trochanter major vom Becken abgegrenzt).

13. Unterschenkel.
14. Fusswurzel.
15. Mittelfuss.
16. Die 5 Zehen.

Die Grenzen für die einzelnen Theile der Extremitäten bilden Ebenen, welche man sich durch den innersten Berührungspunkt

der Gelenkflächen senkrecht zur Längsachse der Extremität gelegt denkt.

Vor dem Eintauchen ins Wasser wurden die Grenzlinien zur Orientirung mit Anilinfarbe auf der Haut eingezeichnet; bei der Messung dienten jedoch als Richtschnur die maassgebenden anatomischen Punkte, welche in das Niveau des Wassers eingestellt wurden, da die nur nach vorläufiger Schätzung gezogenen Farbenlinien nicht genau in eine Ebene fielen und sich auch bei anderer Körperstellung veränderten.

Anstatt nun fortwährend das Herausfliessen des Wasssers abzuwarten, habe ich eine Modification der Messung, wie vorher schon erwähnt wurde, angewendet, indem ich schon zum Voraus die ungefähre, aus vorangegangenen Messungen berechnete Wassermenge herausschöpfte und nach dem Eintauchen des Körpertheils durch Zu- oder Abschöpfen mit einem kleinen Gefäss die Wassergrenze in die entsprechende Einstellung ohne grosse Mühe brachte, ein Verfahren, welches die Zeit der Messung bedeutend abkürzte.

Vermittelst einer neben dem grossen hölzernen Volumeter aufgestellten Leiter liess sich der Wasserstand genau beobachten und durch Zu- oder Abschöpfen von Wasser leicht reguliren. Das Eintauchen und das Herausheben der betreffenden Individuen liess sich leicht bewerkstelligen durch ein doppeltes Seil, welches durch unmittelbar über dem Volumeter an der Zimmerdecke befestigte eiserne Ringe gesteckt und mit Armgurten für die Achselhöhlen des Tauchenden und mit einem Querholz zur Stütze der Füsse desselben versehen war. Bei der Rechnung wurde das Volumen dieser mit untergetauchten Theile: Seil, Armgurte, Querholz in Abzug gebracht.

Das Wasser, welches in der Zwischenpause zwischen zwei Messungen durch das Herausheben des Körpers nicht in das Volumeter zurück, sondern nach aussen auf den Boden u. s. w. abtropfte, wurde, um stets von dem Anfangsvolum des gefüllten Volumeters auszugehen, mit einem Schwamm gesammelt und in das Volumeter zurückgebracht.

Die Individuen wurden in gewöhnlicher Athmungsstellung eingetaucht, doch konnten gewisse Fehler, welche durch das je nach

der Athemstellung verschiedene Volumen des Brustkorbes hervorgerufen wurden, auch bei der Messung des Halses, Unterkiefers, Oberkiefers, des Schädels u. s. w. nicht vermieden werden. Manche Individuen können das vollständige Untertauchen nicht genügend lange aushalten: desswegen wurde auch auf die Messung der höchsten Altersstufe verzichtet.

Die zwei kleineren Blechvolumeter fanden ihre Anwendung bei den Gliedmassen der Erwachsenen und bei den Leichen von drei neugeborenen Kindern und von einem beinahe zwei Jahre alten Kind in ganz ähnlicher Weise, wie das grosse Volumeter bei der Messung der Hals-, Kopf- und Rumpftheile und des Gesammtkörpers der älteren Individuen. Für sehr kleine Theile wie z. B. für die einzelnen Extremitätentheile der Neugeborenen wurden die gewöhnlichen graduirten Glasvolumeter benützt.

Bei diesen Messungen lassen sich noch viele Fehlerquellen ausser den schon erwähnten aufzählen, z. B. Verschiebbarkeit der mit den Grenzpunkten und Grenzlinien bemalten Haut, verschiedene Dehnbarkeit der einzelnen Körpertheile je nach ihrer verschiedenen Lage, Verschiebung der einzelnen Körpertheile je nach Lage der Stütz- und Aufhängepunkte, Verschiebung von Bauch- und Brustinhalt, Senkung des Bluts, u. s. w. Es wäre zu weitläufig, alle möglichen Bedingungen für die Verschiedenheit der Messungsresultate aufzuzählen und die Grösse ihres Einflusses einzeln zu bestimmen. Folgende, an der Leiche eines beinahe zwei Jahre alten Kindes ohne Aenderung der farbigen Grenzlinien vorgenommenen Volummessungen dienen zum Beweis, dass die Methode an Genauigkeit noch viel zu wünschen übrig lässt:

(Siehe Tabelle auf S. 132.)

Man sieht, dass die Werthe der nach der obigen Methode angestellten 4 ersten Volummessungen schon sehr bedeutende Abweichungen unter einander zeigen;[1]) noch mehr verschieden ist

1) Die grossen Differenzen in den Messungen der kleinen oberhalb der Brust gelegenen Körpertheile, nämlich des Oberkiefers und des Unterkiefers, rühren zum grössten Theile von der verschiedenen Athemstellung der Brust her, da jede Messung auf der Volumsbestimmung der vorher gemessenen Körpertheile fusst, wie vorher dargelegt worden ist.

Messungen an der Leiche eines 1 Jahr 10 Monate alten Knaben:

	Volummessung der zusammenhängenden Theile				Grösste Abweichung vom Mittel in %	Volummessung der getrennten Theile 5. Messung	Gew.-bestimm. der getrennten Theile	Spec. Gew.
	1. Messung	2. Messung	3. Messung	4. Messung				
	a	b	c	d	e	f	g	h
	ccm	ccm	ccm	ccm		ccm	g	
Schädel	943	1250	1222	1245	19	1300	1397	1075
Oberkiefer	283	470	127	220	71	280	284	1014
Unterkiefer . . .	422	140	288	222	57	176	236	1341
Hals	376	455	448	365	11	230	247	1074
Brust m. beid. oberen Extremitäten . .	1320	1370	1463	1495	6	1520	1460	960
Bauch	1430	1250	1281	1420	7	1430	1457	1019
Becken	1036	815	877	750	19	725	741	1022
Beide untere Extremitäten . . .	915	1020	1015	994	7	965	1012	1049
Summe	6725	6770	6721	6711	1	6626	6784	1016

jedoch das Resultat der fünften Volummessung, bei welcher die einzelnen Körpertheile der in einer künstlichen Kältemischung gefrorenen Leiche mit Messer und Säge getrennt waren. Diese grössere Verschiedenheit der fünften Volummessung rührt wohl daher, dass bei den untertauchenden Körpertheilen das Wasser in die Hohlräume eindringen konnte. Dies war bei den vier ersten Volummessungen nicht möglich, weil Mund-, Nasen- und Afteröffnung der noch nicht getheilten Leiche vernäht waren.

Dieselben Verhältnisse zeigen folgende in den Resultaten ebenfalls von einander abweichende Messungen der Leichen von zwei Neugeborenen:

Messungen an der Leiche einer weiblichen Frühgeburt.

	Volummessung der zusammenhängend. Theile	Volummessung der zertrennten Theile	Gewichtsbestimmung der zertrennten Theile	Specifisches Gewicht
	a	b	c	d
	ccm	ccm	g	
Schädel	260	260	278,5	1052
Oberkiefer	55	82	84,6	1032
Unterkiefer	66	26	27,6	1062
Hals	73	45,5	47,6	1046
Brust (ohne obere Extremitäten	204	185	219	1184
Bauch	230	244	237	975
Becken	114	89	96,8	1088
Summe	1002	931,5	986,1	1059

Messungen an der Leiche eines reifen neugeborenen Mädchens.

	Volummessung der zusammenhängenden Theile		Grösste Abweichung vom Mittel in %	Volum-messung	Gewichts bestimmg.	Spec. Gewicht
				der getrennten Theile		
	a	b	c	d	e	f
	ccm	ccm		ccm	g	
Schädel	395	420	3	506	519	1026
Oberkiefer . . .	150	198	14	172	150	872
Unterkiefer . . .	92	152	25	86	89	1035
Hals	195	255	13	115	105	913
Brust (ohne obere Extremitäten) .	430	305	17	355	370	1042
Bauch	515	455	6	565	613	1085
Becken	280	295	3	272	316	1162
Summe	2057	2080	1	2071	2162	1044

Als endgiltiges Resultat für die verschiedenen Volummessungen der zusammenhängenden Theile wurden die Durchschnittswerthe angenommen. Die Fehler erscheinen bei grösseren Körpertheilen verhältnissmässig nicht so bedeutend, wie bei kleineren. Doch lässt sich die geringere Differenz der Summen auch dadurch erklären, dass sich die Grenzen der kleineren Theile während der Messung verschieben und in Folge davon die Fehler für jeden einzelnen Theil im Verhältniss grösser werden, als für die ganze Summe. Jedenfalls ist die Kenntniss der Fehlerquellengrösse, wenn auch nicht für eine Empfehlung dieser Methode nützlich, so doch kein Nachtheil gegenüber anderen, daraufhin noch nicht geprüften Methoden. Auch ist es wichtig, später bei den Schlussfolgerungen sich der Ungenauigkeit der Methode zu erinnern.

Die Messungen wurden an 4 Leichen und 10 lebenden Individuen ausgeführt und zwar an.

A. 4 folgenden Leichen:

1. Ausgetragenes neugeborenes Kind, männlichen Geschlechts, kräftig entwickelt.

2. Weibliche Frühgeburt vom 8. Schwangerschaftsmonat, mit schlotternden Kopfknochen und mit durch den Druck bei der Geburt abgeflachter linker Kopfseite.

3. Ausgetragenes neugeborenes Mädchen.

4. Johannes Bl., 1 Jahr 10 Monate alter, etwas abgemagerter Knabe.

B. Folgenden 10 lebenden Individuen:

1. Joseph Sch. aus Sontheim in Bayern, $42\frac{1}{2}$ Jahre alt, mässig kräftig entwickelt.

2. Hermann N., Reallehrer aus Württemberg, 27 Jahre alt, etwas mager, aber von kräftiger Muskulatur.

3. Jacob E., $55\frac{3}{4}$ Jahre alt, aus München, pensionirter Diener des hygienischen Instituts zu München.

4. Andreas R., 31 Jahre 2 Monate 18 Tage alter Dienstmann aus Oberhummel bei Freising in Bayern.

5. Joseph K., 22 Jahre $\frac{2}{3}$ Monate alt, als Nietonisch in Böhmen, Kürschner, mit mässig kräftigem Körperbau, zeigt an einem Vorderarm Narben, welche von einer geheilten complicirten Fractur des Vorderarmes herrühren.

6. Stephan A., 17 Jahre $1\frac{1}{10}$ Monate alt, aus Wiesenheid in Unterfranken (Bayern), Kellner.

7. Joseph G., 13 Jahre 2 Monate alt, Sohn eines Bremsers aus München, sei früher scrophulös gewesen.

8. Michael F., 11 Jahre $10\frac{1}{4}$ Monate alt, aus München, gut proportionirt und gesund.

9. Veronika K., 16 Jahre 3 Monate alt, aus dem Bezirksamt Kaufbeuren, Modellsteherin in München, sehr kräftig gebaut.

10. Therese H., 22 Jahre $2\frac{1}{2}$ Monate alt, aus dem Landgericht Waldmünchen, Modellsteherin in München, sehr regelmässig und gut proportionirt gebaut.

Material und Apparate wurden mir im physiologischen Laboratorium zu München in zuvorkommendster Weise zur Verfügung gestellt und bin ich den damaligen beiden Herrn Assistenten, namentlich Herrn Dr. Erwin Voit, welcher mich bei den Messungen unterstützte, sowie für die Bereitwilligkeit in der Unterstützung mit Material den Herren Professoren Winckel, Bollinger und Rüdinger, namentlich aber dem Vorstand des physiologischen Laboratoriums Herrn Professor Voit für das mir stets bewiesene Wohlwollen zum grössten Dank verpflichtet.

Am Schluss dieser Zeilen folgen die Resultate der Messungen in 11 Tabellen und in 4 Curventafeln.

Tabelle I enthält die Gewichtsbestimmung der einzelnen Körpertheile von 4 Kindsleichen.

Tabelle II die Volumbestimmung homologer Körpertheile von 4 Kindsleichen und 10 lebenden älteren Individuen. Bei den Messungen an den Leichen ist bemerkenswerth, dass die Brust bei den 3 Neugeborenen in Wasser untersinkt, während sie beim älteren zweijährigen Kind oben schwimmt. Sonst sinken ausser dem Bauch des älteren Kindes und des einen der drei Neugeborenen alle Theile einzeln unter.

In Tabelle III sind die homologen Linien der volumetrisch gemessenen Individuen in Centimetern angegeben, zum Vergleich mit den Volumwerthen.

In Tabelle IX—XI. habe ich versucht, die Gewichts- und Volumbestimmungen der Controle wegen in Beziehung zu den Gewichtsbestimmungen nach Harless zu bringen.

Das, worauf es bei diesen Messungen eigentlich abgesehen war, nämlich das Verhältniss der Wachsthumsgrösse der einzelnen Körpertheile in den verschiedenen Altersstufen, ist in den Tabellen IV—VIII und in den Tafeln der darnach gezeichneten Curven I—IV enthalten; die Betrachtung der letzteren gibt das deutlichste Bild des Wachsthums der einzelnen Körpertheile. Bei diesen Curven ist das Lebensalter auf der Abscisse aufgetragen, die Ordinaten geben das Verhältniss des Volumens eines einzelnen Körpertheils zum Gesammtvolumen des Körpers, das entsprechende Verhältniss beim Neugeborenen = 1 gesetzt.

Es ist daraus Folgendes leicht ersichtlich:

Abgesehen von unregelmässigen Schwankungen bleibt sich das Verhältniss der Brust und der oberen Extremitäten zum Gesammtvolumen bei den männlichen Individuen in der Curventafel I in den verschiedenen Altersstufen gleich, ebenso bei den weiblichen Individuen in der Curventafel II. In beiden Curventafeln sieht man jedoch oberhalb und unterhalb dieser beiden mehr die Mitte haltenden Curven je ein Paar weiterer Curven, und zwar nimmt von dem unteren Paar in beiden Tafeln die Curve für Hals und Kopf

eine tiefere Stellung ein, als die Curve für den Bauch. Bei dem oberen Paar streitet die Curve für das Becken mit der Curve für die unteren Extremitäten in Tafel I um den Rang, eine höhere Stellung einzunehmen; in Tafel II steht jene etwas tiefer.

In den Curventafeln III und IV sind die Curven für die einzelnen Extremitätentheile aufgezeichnet. Die Curven für die Verhältnisse von Oberarm, Unterarm und Hand zum Gesammtvolumen verlaufen im Allgemeinen wagrecht, doch sinkt die Curve für die Hand etwas tiefer, als die Curve für den Unterarm, während die Curve für den Oberarm oberhalb der letzteren verläuft. In den Bereich der Curve für den Oberarm reicht noch die Curve für das Verhältniss des Fussvolumens zum Gesammtvolumen. Am höchsten steigt von allen Curven die für den Oberschenkel. In der Mitte zwischen ihr und den vorhin erwähnten 4 mehr wagrecht liegenden Curven verläuft die Curve für den Unterschenkel.

Bemerkenswerth ist, dass bei den nicht von Anfang an wagrecht verlaufenden Curven aller 4 Tafeln die entschieden schiefe Richtung mit dem 12. bis 17. Jahr aufhört, von wo an die Curven einen mehr wagrechten Verlauf nehmen. Besondere Curven für die einzelnen Theile von Kopf und Hals wurden nicht gezeichnet, da bei der nicht zu vermeidenden Fehlerquelle der Athmungsstellung die Werthe für die einzelnen Abtheilungen weniger der Wahrheit entsprechen, als die Werthe für die ganze Abtheilung von Hals und Kopf.

Demgemäss geht das Wachsthum von Brust und oberen Extremitäten parallel mit dem Wachsthum des Gesammtvolumens, nur mit dem kleinen Unterschied, dass Brust und Oberarm im Wachsthum den Unterarm und die Hand wenig übertreffen.

Weit langsamer als das Gesammtvolumen wachsen jedoch Hals und Kopf und ausserdem der Bauch. Am meisten wächst die unterhalb des Bauchs befindliche Körperabtheilung des Beckens und der unteren Extremitäten. Dabei übertrifft das Becken und der Oberschenkel im Wachsthum den Unterschenkel, dieser den Fuss.

Es ist bis jetzt kaum möglich, die Ursachen für diese Wachsthumsverschiedenheiten der einzelnen Körpertheile anzugeben und es erscheint zunächst am wichtigsten, die Thatsachen festzustellen. Desshalb will ich es auch vorläufig unterlassen, die Vorstellungen

mitzutheilen, welche ich mir hierüber gemacht habe. Ich habe an die Verschiedenheiten in der Grösse der Zufuhr des ernährenden Blutes zu den dem Herzen näheren oder entfernteren Körpertheilen gedacht, sowie auch an die leichtere Abfuhr desselben von den oberhalb des Herzens gelegenen Theilen, auch an die Ausscheidung von Verdauungssäften und Harn in der Bauchhöhle, welche vielleicht das Wachsthum der betreffenden Theile nicht so zu Stande kommen lassen.

Wie sich aus den Curven nachweisen lässt, gelten diese noch unbekannten Einflüsse jedoch hauptsächlich nur zur Zeit des grössten Wachsthums, ungefähr bis zum 16. Jahre. Auch nach Quetelet (s. Grundriss der Physiologie von Prof. Dr. v. Vierordt § 596) „nimmt nach dem 16. Jahr die jährliche Wachsthumszahl für die Körperlänge bedeutend ab, um zu Anfang der Zwanziger sehr gering zu werden.“

Dass das Geschlecht einen wesentlich bestimmenden Einfluss auf das Wachsthum hätte, ist aus den Curven nicht ersichtlich. Die Gleichheit der Ergebnisse weist deutlich auf beiden Geschlechtern gemeinsame Bedingungen hin, welche sich trotz der Verschiedenheit des Geschlechts geltend machen.

Ich möchte nur noch betonen, dass sich die Resultate dieser Volummessungen, sowie der Gewichtsbestimmungen von Harless (1857) und meiner Oberflächenmessungen (1879) wegen ihrer wenig von einander abweichenden Resultate gegenseitig bestätigen.

Tabelle I. Gewichtsbestimmung homologer Körpertheile von 4 Kindsleichen.

	1. Leiche Männlicher Neugeborene		2. Leiche Weibliche Frühgeburt		3. Leiche Neugeborenes Mädchen		4. Leiche Joh. Bl. (1 Jahr 10 M. alt)	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
	g	g	g	g	g	g	g	g
1. Phalanx I. Finger	0,7	0,8	0,3	0,2	0,6	0,6	1,2	1,3
2. „ I. „	1,4	1,3	0,4	0,4	1,0	0,9	1,9	1,8
1. „ II. „	0,3	0,4	0,1	0,1	0,3	0,3	0,5	0,5
2. „ II. „	0,6	0,7	0,3	0,2	0,5	0,6	0,8	0,9
3. „ II. „	1,5	1,3	0,5	0,5	1,4	1,2	2,2	2,4
1. „ III. „	0,4	0,4	0,1	0,1	0,4	0,4	0,6	0,7
2. „ III. „	0,8	0,7	0,3	0,3	0,7	0,5	1,0	1,1
3. „ III. „	1,4	1,4	0,5	0,6	1,3	1,8	2,3	2,7

	1. Leiche Männlicher Neugeborene		2. Leiche Weibliche Frühgeburt		3. Leiche Neugeborenes Mädchen		4. Leiche Joh. Bl. (1 Jahr 10 M. alt)	
	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
	g	g	g	g	g	g	g	g
1. Phalanx IV. Finger	0,4	0,4	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,6
2. „ IV. „	0,6	0,7	0,3	0,3	0,6	0,6	1,0	1,0
3. „ IV. „	1,3	1,2	0,5	0,6	1,0	1,0	1,9	2,0
1. „ V. „	0,3	0,3	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4	0,5
2. „ V. „	0,5	0,4	0,1	0,2	0,4	0,3	0,6	0,6
3. „ V. „	1,1	1,0	0,3	0,4	0,8	0,7	1,4	1,7
Gesammtgewicht der 5 Finger	11,1	10,7	3,6	3,8	9,0	8,6	16,3	17,8
Mittelhand und Handwurzel	16,8	12,6	5,6	5,3	13,6	13,6	30,5	31,5
Unterarm	57,8	56,8	14,5	15,0	42,2	41,1	83,5	88,0
Oberarm	104,0	97,0	26,5	25,0	64,5	63,1	131,0	131,0
Gesammtgewicht der oberen Extremität.	187,0	181,0	50,0	49,0	128,9	126,0	262,0	268,0
1. Zehe	2,0	2,5	0,6	0,8	1,7	1,5	5,5	5,0
2. „	1,0	1,3	0,6	0,6	1,0	0,9	2,5	2,3
3. „	1,0	1,0	0,3	0,4	1,1	0,8	2,0	1,7
4. „	1,0	1,0	0,3	0,3	0,9	0,7	1,5	1,6
5. „	0,9	0,7	0,3	0,3	0,7	0,7	1,5	1,5
Gesammtgewicht der 5 Zehen	5,8	6,4	2,0	2,3	5,4	4,4	13,0	12,1
Mittelfuss	16,5	15,7	5,2	5,8	14,5	11,0	29,0	29,6
Fusswurzel	22,5	21,8	8,3	6,9	19,7	17,3	47,5	51,9
Unterschenkel . . .	86,7	88,0	21,9	24,3	76,9	67,9	180,2	184,0
Oberschenkel . . .	139,0	123,0	36,0	36,5	88,7	74,3	224,7	240,5
Gesammtgewicht der unteren Extremität	269,0	253,0	73,4	75,8	205,0	175,7	494,5	518,0
Becken m. Geschlechtstheilen	446,0		96,8		316,0		720,2	
Bauch	833,0		237,0		613,0		1457,0	
Penis	2,0		—		—		4,3	
Scrotum m. den Hoden	10,0		—		—		16,5	
Brust	546,0		219,0		370,0		930,0	
Hals	146,0		47,6		105,0		247,0	
Unterkiefer	93,0		27,6		89,0		236,0	
Oberkiefer	157,0		84,6		150,0		284,0	
Schädel	787,0		273,5		519,0		1397,0	
Gesammtgewicht . .	3956,0		1245,0		2840,0		6923,0	

Tabelle II. Volummessung homologer Körpertheile an 4 Leichen und 10 lebenden Individuen.

(Die hier nicht erwähnten Körpertheile: Bauch, Brust und Becken sind in Tabelle IV angegeben.)

Individuum und Alter		Die 4 letzten Finger	Uebrige Hand	Unterarm	Oberarm	Die 5 Zehen	Mittelfuss	Fusswurzel	Unterschenkel	Oberschenkel	Hals	Unterkiefer	Oberkiefer	Schädel
		ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
1. Leiche. Männlicher Neugeborene	rechts	8,0	16,8	51,5	92,7	5,4	15,5	21,1	88	158	185	177	230	595
	links	7,9	18,4	52,0	88,7	6,5	16,1	22,4	83	186				
4. Leiche. Johannes Bl., 1 Jahr 10 Monat	rechts	12	82	80	126	12	28	40,5	175,5	214	411	268	275	1165
	links	12	84	84	125	11	29	50	175	230				
8. Michael F., 11 Jahr 10¼ Monat	rechts	80	210	420	710	120	130	330	1510	2400	915	290	650	2120
	links	75	205	490	663	123	202	290	1480	2580				
7. Joseph G., 13 J. 2 M.	rechts	75	230	415	650	112	192	240	1290	2500	750	260	680	1730
	links	65	180	370	745	75	150	380	1210	2330				
6. Stephan A., 17 J. 1¹/₁₀ M.	rechts	106	280	760	1562	157	485	215	2480	4005	1210	760	588	2350
	links	106	235	800	1505	140	475	332	2440	3950				
5. Joseph K., 22 J. ⅔ M.	rechts	110	345	912	1835	220	290	430	2560	4090	1610	478	908	2800
	links	147	255	968	1780	120	230	479	2635	4840				
2. Hermann N., 27 J.	rechts	70	290	870	1480	96	250	525	2705	5480	1735	240	995	2790
	links	90	260	820	1560	146	240	487	2700	5140				
4. Andreas R., 31 J. 2½ M.	rechts	97	300	1025	1870	113	335	407	2410	4600	1825	412	900	2750
	links	70	295	1033	1855	110	340	410	2225	4440				
1. Joseph Sch., 42½ J.	rechts	115	307	945	2183	170	263	454	2870	5700	2772	820	440	3680
	links	85	263	990	1950	172	277	525	2620	5800				
3. Jakob E., 55¾ J.	rechts	116	190	710	1870	80	375	380	1770	4000	1030	550	635	3850
	links	107	230	725	1200	105	220	425	1830	4045				
2. Leiche. Weibliche Frühgeburt	rechts	2,5	5,5	12,7	23,3	1,9	5,0	7,9	20,9	34,3	73	66	55	260
	links	3,5	4,8	12,2	20,4	2,1	5,4	6,3	22,5	33,7				
3. Leiche. Neugeborenes Mädchen	rechts	7	15	41	61	5	14	18	74	85	275	122	174	407,5
	links	7	15	38	62	5	8	20	65	70				
9. Veronika K., 16 J. 3 M.	rechts	114	215	740	1515	140	202	375	2565	5500	980	817	810	2640
	links	122	217	732	1500	122	183	355	2562	5200				
10. Therese H., 22 J. 2½ M.	rechts	112	220	840	1620	163	210	470	2680	6230	1470	650	845	2220
	links	122	190	755	1620	117	256	435	2745	5890				

Tabelle III. Messung

(in Centi-

	Individuum	1. Leiche Männlich	4. Leiche Johann Bl.	8. Michael F.
	Alter	Neugeboren	1 Jahr 10 Mon.	11 Jahr 10¼ M.
	Gewicht des ganzen Körpers in g	3956	6928	30470
1.	Gesammtlänge	55,0	77,0	138,5
2.	Peripherie um Stirn und Hinterhaupt	37,0	47,0	51,5
3.	Peripherie um Kinn und Scheitel	40,5	51,5	61,0
4.	Entfernung vom Hinterhaupt zur Stirn	13,5	15,5	17,5
5.	Entfernung vom Hinterhaupt zum Kinn	14,5	18,5	22,0
6.	Entfernung zwischen beiden Schläfen	7,5	11,0	11,5
7.	Entfernung zwischen beiden Warzenfortsätzen	8,5	12,0	13,0
8.	Entfernung beider Hüftkämme	9,2	12,5	23,0
9.	Entfernung beider spin. anter. sup.	8,0	11,0	20,0
10.	Conjugata externa	5,0	7,0	16,0
11.	Entfernung beider Trochanter. major.	(9)	12,0	25,0
12.	Beckenperipherie	30,0	33,5	65,5
13.	Länge vom Acromion bis zur Spitze des Mittelfingers	23,0	31,0	61,5
14.	Länge des Oberarms	9,5	12,5	24,5
15.	Länge des Unterarms	7,0	10,0	21,0
16.	Länge der Hand	6,5	8,5	16,0
17.	Peripherie um das Handgelenk	7,5	9,5	14,0
18.	Grösste Peripherie um den Unterarm	10,7	11,5	19,0
19.	Grösste Peripherie um den Oberarm	11,5	11,0	20,0
20.	Länge von der Spitze des Trochant. major bis zur Fusssohle	23,0	31,5	72,5
21.	Länge des Oberschenkels	11,0	14,5	35,0
22.	Länge des Unterschenkels	10,0	12,5	31,5
23.	Länge des Fusses vom Fussgelenk bis zur Fusssohle	3,0	4,5	6,0
24.	Länge des Fusses von der Ferse bis zur Spitze der grossen Zehe	9,0	11,0	23,5
25.	Peripherie des Oberschenkels	17,0	17,0	36,0
26.	Peripherie des Unterschenkels	10,7	14,0	27,5
27.	Peripherie des Fusses um Ferse und Fussrücken	11,0	13,0	28,0
28.	Peripherie des Fussgelenkes	9,0	11,0	20,5
29.	Grösster Sternovertebraldurchmesser	8,0	10,0	15,3
30.	Grösster Costaldurchmesser	11,2	15,0	21,0
31.	Brustperipherie	33,0	43,0	63,0
32.	Bauchperipherie	27,5	39,5	60,0

von homologen Linien

meter).

7. Joseph G.	6. Stephan A.	5. Joseph K.	2. Hermann N.	4. Andreas R.	1. Joseph Sch.	3. Jacob E.	2. Leiche Weibliche	3. Leiche Mädchen	9. Veronika K.	10. Therese H.
13 Jahr 2 Mon.	17 Jahr 1 1/10 M.	22 Jahr 2/3 Mon.	27 Jahr	31 Jahr 2 1/2 M.	42 1/2 J.	55 3/4 J.	Frühgeburt	neugebor.	16 Jahr 3 Mon.	22 Jahr 2 1/2 M.
28470	50770	54700	59850	62400	68300	47800	1249	2840	54550	60230
137,5	161,0	162,0	171,0	154,5	169,4	161,0	40,0	50,0	154,5	156,0
52,5	56,0	55,5	59,5	58,0	55,0	52,0	27,0	32,5	54,0	52,5
57,0	64,5	63,0	69,0	65,5	67,0	64,0	29,5	37,5	62,0	63,5
17,0	18,5	18,5	20,0	20,3	17,5	18,0	9,5	12,0	17,0	17,0
21,0	23,7	24,0	26,0	23,7	26,0	23,0	10,5	13,0	22,5	23,0
11,5	12,5	13,0	11,5	13,3	14,0	11,0	5,5	7,0	12,0	10,5
14,0	13,7	13,5	15,0	16,5	14,5	13,5	6,0	9,0	12,5	13,5
21,5	27,0	27,5	28,0	27,5	31,0	28,0	6,3	8,5	28,0	28,5
18,5	22,0	25,0	25,0	24,0	26,0	24,0	5,8	6,8	23,5	25,0
15,5	18,5	17,5	20,5	22,5	23,0	20,5	3,5	5,0	19,5	22,0
24,5	28,5	31,0	31,5	30,5	35,0	30,5	6,0	8,5	32,0	31,0
65,0	81,0	78,0	76,5	81,5	82,0	80,0	17,8	25,0	89,0	91,0
59,0	72,0	75,5	72,0	65,5	78,0	71,5	17,0	20,0	67,0	66,5
24,0	30,0	30,5	30,0	25,5	32,0	28,5	7,0	8,0	27,0	28,5
21,0	23,5	25,5	25,0	23,0	27,0	25,5	5,0	5,5	22,0	22,0
14,0	18,5	19,5	18,0	17,0	19,0	17,5	5,0	6,5	18,0	16,0
13,5	16,5	15,5	16,0	17,0	17,0	16,0	5,0	5,5	16,0	17,0
19,0	23,5	26,0	23,5	27,5	26,0	22,5	6,5	8,0	23,0	25,5
18,5	24,5	24,5	25,5	29,0	29,0	24,0	6,5	10,0	26,0	28,0
75,0	86,0	86,0	89,5	78,0	89,0	85,0	16,0	21,5	82,0	82,0
35,0	39,0	42,5	44,0	37,0	42,0	44,0	8,0	10,5	38,5	40,0
35,0	39,5	37,5	37,0	34,5	40,0	35,0	6,3	8,0	36,0	35,0
5,0	7,5	6,0	8,5	6,5	7,0	6,0	1,8	3,0	7,5	7,0
23,5	27,0	27,5	28,0	25,5	26,5	27,0	6,0	8,0	25,0	24,5
36,5	46,0	44,5	48,5	51,5	48,0	42,5	9,5	15,0	50,0	57,0
25,0	32,0	33,5	35,0	33,5	33,0	29,0	7,0	10,5	33,0	36,5
28,0	33,0	31,0	31,0	30,0	32,0	29,0	8,0	9,5	30,0	31,0
21,0	26,5	24,0	24,0	24,0	22,0	21,5	6,5	8,0	23,5	24,5
15,5	13,7	17,5	20,5	21,0	23,0	18,0	5,8	7,5	19,0	18,0
21,5	25,5	27,0	29,0	32,0	34,0	29,0	7,3	9,0	26,0	27,0
65,0	74,5	78,0	89,0	93,4	96,0	82,5	22,0	30,0	88,0	88,0
64,5	73,0	73,5	73,0	84,0	86,0	74,5	20,0	25,0	84,0	75,5

Tabelle IV (Fortsetzung von Tab. II). **Volummessung homologer Körpertheile an 4 Leichen und 10 lebenden Individuen.**
(Summen kleinerer Körpertheile, Durchschnittswerthe der rechten und linken Extremitätentheile und Werthe für die in Tab. II fehlenden Körpertheile.)

Individuum	1. Leiche Männlicher	4. Leiche Johannes Bl.	8. Michael F.	7. Joseph G.	6. Stephan A.	5. Joseph K.	2. Hermann N.	4. Andreas R.	1. Joseph Sch.	3. Jakob E.	2. Leiche Weibliche	3. Leiche Mädchen	9. Veronika K.	10. Therese H.
Alter	Neugeborener	1 Jahr 10 Mon.	11 Jahr 10¼ M.	18 Jahr 2 Mon.	17 Jahr 1¹/₁₀ M.	22 Jahr ²/₃ M.	27 Jahr	31 Jahr 2½ M.	42½ J.	55¾ J.	Frühgeburt	neugebor.	16 Jahr 3 Mon.	22 Jahr 2½ M.
	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm	ccm
Vier letzte Finger . . .	8,0	12,0	77,5	70,0	106,0	128,5	80,0	83,5	100,0	111,5	3,0	7,8	118,0	117,0
Uebrige Hand	15,1	33,0	207,5	205,0	257,5	300,0	275,0	297,5	285,0	210,0	5,1	15,0	216,0	205,0
Unterarm	51,8	82,0	455,0	392,5	780,0	940,0	845,0	1029,0	967,5	717,5	12,5	39,5	736,0	797,5
Oberarm	90,7	125,5	686,5	697,5	1533,5	1807,5	1520,0	1862,5	2066,5	1285,0	21,8	61,5	1507,5	1620,0
Fünf Zehen	6,0	11,5	121,5	93,5	148,5	170,0	121,0	111,5	171,0	92,5	2,0	5,0	131,0	140,0
Uebriger Fuss	37,6	73,8	476,0	481,0	753,5	714,5	751,0	746,0	759,5	700,0	12,3	30,0	557,5	685,5
Unterschenkel	85,5	175,3	1495,0	1250,0	2460,0	2597,5	2702,5	2317,5	2745,0	1800,0	21,7	69,5	2563,5	2712,5
Oberschenkel	157,0	222,0	2490,0	2415,0	3977,5	4465,0	5310,0	4520,0	5750,0	4022,5	34,0	77,5	5350,0	6060,0
Hals und Unterkiefer . .	362,0	679,0	1205,0	1010,0	1970,0	2995,0	1975,0	2237,0	3592,0	1580,0	139,0	397,0	1297,0	2120,0
Oberkiefer und Schädel .	825,0	1440,0	2770,0	2410,0	2888,0	4500,0	3785,0	3650,0	4120,0	4485,0	315,0	581,5	3450,0	3065,0
Beide untere Extremitäten	572,0	965,0	9165,0	8479,0	14679	15894	17769	15390	18851	13230	140,0	364,0	17204	19196
Becken	324,0	889,3	4615,0	5611,0	9591,0	10296	11561	12130	11389	9270,0	114,0	287,5	11716	12784
Bauch	750,0	1845,3	2360,0	3890,0	7570,0	5940,0	8830,0	9700,0	11080	8350,0	230,0	485,0	8000,0	8410,0
Brust	593,0	907,0	5492,0	5965,0	8561,0	6893,0	12295	14390	11347	8697,0	204,0	366,5	7390,0	8256,0
Beide obere Extremitäten .	381,1	505,0	2853,0	2780,0	5354,0	6352,0	5440,0	6545,0	6838,0	4548,0	84,9	246,0	5155,0	5479,0
Hals und Kopf	1187,0	2119,0	3975,0	8420,0	4858,0	7495,0	5760,0	5887,0	7712,0	6065,0	454,0	978,5	4747,0	5185,0

Tabelle V. Verhältniss des Volumens des einzelnen Körpertheils zum Gesammtvolumen, das Gesammtvolumen jedesmal = 1000 gesetzt.

(Aus der Tabelle IV berechnet.)

Individuum	1. Leiche Männlicher	4. Leiche Johannes Bl.	8. Michael F.	7. Joseph G.	6. Stephan A.	5. Joseph K.	2. Hermann N.	4. Andreas R.	1. Joseph Sch.	3. Jakob E.	2. Leiche Weibliche	3. Leiche Neugeboren.	9. Veronika K.	10. Therese H.
Lebensalter	Neugeborene	1 Jahr 10 Mon.	11 Jahr 10¼ M.	18 Jahr 2 Mon.	17 Jahr 1 1/10 M.	22 Jahr ⅔ Mon.	27 Jahr	31 Jahr 2½ M.	42½ J.	55¾ J.	Frühgeburt	Mädchen	16 Jahr 3 Mon	22 Jahr 2½ M.
Vier letzte Finger	2,13	1,78	2,72	2,33	2,09	2,43	1,30	1,30	1,49	2,22	2,47	2,57	2,18	1,97
Uebrige Hand	4,02	4,90	7,29	6,81	5,09	5,67	4,46	4,60	4,24	4,18	4,18	5,50	3,98	3,46
Die ganze Hand	6,14	6,69	10,01	9,14	7,18	8,10	5,76	5,95	5.73	6,40	6,65	8,07	6,16	5,43
Unterarm	13,78	12,18	15,99	13,04	15,41	17,78	13,71	16,07	14,39	14,28	10,17	14,48	13,58	13,45
Oberarm	24,15	18,65	24,12	28,18	30,30	34,18	24,65	29,08	30,74	25,57	17,79	22,55	27,81	27,31
Fünf Zehen	1,58	1,71	4,27	3,11	2,93	3,22	1,96	1,74	2,54	1,84	1,64	1,83	2,42	2,36
Uebriger Fuss	9,99	10,96	16,73	15,98	14,89	13 51	12,18	11,65	11,30	13,93	10,01	11,00	10,28	11,56
Der ganze Fuss	11,58	12,67	20,99	19,09	17,82	16,73	14,14	13,39	13,84	15,77	11,65	12,83	12,70	13,92
Unterschenkel	22,76	26,04	52,53	41,54	48,60	49,13	43,83	36,19	40,84	35,81	17,67	25,48	47,29	45,74
Oberschenkel	41,79	32,98	87,49	80,25	78,59	84,45	86,12	70,58	85,54	80,03	27,74	28,41	98,69	102,17
Hals und Unterkiefer	96,35	100,89	42,34	33,56	38,92	39,49	32,03	34,93	53,44	31,44	113,29	145,55	23,92	35,74
Oberkiefer und Schädel	219,58	213,95	97,33	80,08	57,06	70,13	61,39	56,99	61,29	89,24	256,74	213,20	63,64	51,68
Beide untere Extremitäten	152,25	143,38	322,03	281,74	290,02	300,63	288,20	240,31	280,45	263,23	114,11	133,46	317,35	323,65
Becken	86,24	132,12	162,16	186,44	189,50	194,74	187,51	189,41	169,44	184,44	92,92	105,41	216,11	215,55
Bauch	199,62	199,87	82,92	129,26	149,57	112,35	143,22	151,46	164,84	166,14	187,46	177,82	147,57	141,80
Brust	157,83	134,76	192,97	198,21	169,15	162,51	199,42	224,70	168,81	173,04	166,27	134,37	136,32	139,20
Beide obere Extremitäten	88,13	75,03	100,25	90,71	105,78	120,14	88,23	102,20	101,73	92,48	69,20	90,19	95,09	92,38
Hals und Kopf	315,93	314,84	139,67	113,64	95.98	109,63	93,42	91,92	114,73	120,67	370,04	358,75	87,56	87,42

Tabelle VI. Vergleichung des Verhältnisses in Tabelle V (d. h. des Volumens des einzelnen Körpertheiles zum Gesammtvolumen, das Gesammtvolumen = 1000 gesetzt) **mit dem entsprechenden Verhältniss beim Neugeborenen (= 1).**

(Aus Tab. V berechnet.)

Männliche Individuen.

Individuum und Alter	1. Leiche Männlicher Neugeborene	4. Leiche Joh. Bl. 1 Jahr 10 Monat	8. Mich. F. 11 Jahr 10¼ Monat	7. Jos. G. 13 Jahr 2 Monat	6. Steph. A. 17 Jahr 1¹/₁₀ Monat	5. Jos. K. 22 Jahr ⅔ Monat	2. Herm. N. 27 Jahr	4. Andr. R. 31 Jahr 2½ Monat	1. Jos. Sch. 42½ Monat	3. Jakob E. 55¾ Jahr
Vier letzte Finger	1	0,84	1,28	1,09	0,99	1,14	0,61	0,61	0,56	1,04
Uebrige Hand	1	1,22	1,82	1,70	1.27	1,41	1,11	1,16	1,06	1,04
Die ganze Hand	1	1,09	1,63	1,49	1,17	1,32	0,94	0,97	0,93	1,04
Unterarm	1	0,88	1,16	0,95	1,12	1,29	0,99	1,17	1,04	1,04
Oberarm	1	0,77	1,00	0,96	1,25	1,42	1,02	1,20	1,27	1,06
Fünf Zehen	1	1,08	2,70	1,96	1,85	2,03	1,24	1,10	1,61	1,16
Uebriger Fuss	1	1,10	1,67	1,60	1,49	1,35	1,22	1,17	1,13	1,39
Der ganze Fuss	1	1,09	1,81	1,65	1,54	1,44	1.22	1,16	1,20	1,36
Unterschenkel	1	1,14	2,31	1,83	2,14	2,16	1,93	1,59	1.75	1,57
Oberschenkel	1	0,79	2,09	1,92	1,88	2.02	2,06	1,69	2,05	1,92
Hals und Unterkiefer	1	1,05	0,44	0,35	0,40	0,41	0,33	0,36	0,55	0,33
Oberkiefer und Schädel	1	0,97	0,44	0,36	0,26	0,32	0,28	0,26	0,28	0,41
Beide untere Extremitäten	1	0,94	2,12	1,85	1.91	1,97	1,89	1,58	1,84	1,73
Becken	1	1,53	1,88	2,16	2,20	2,26	2,17	2,20	1,96	2,14
Bauch	1	1,00	0,42	0,65	0,75	0,56	0,72	0,76	0,83	0,83
Brust	1	0,85	1,22	1,26	1,07	1,03	1,26	1,42	1,07	1,10
Beide obere Extremitäten	1	0,85	1,14	1,03	1,20	1.36	1,00	1,16	1,15	1,05
Hals und Kopf	1	1,00	0,44	0.36	0.30	0,35	0,30	0.29	0,36	0,38

Tabelle VII. Vergleichung des Verhältnisses in Tabelle V mit dem entsprechenden Verhältniss beim Neugeborenen (= 1).

(Aus Tab. V berechnet.)

Weibliche Individuen.

Individuum und Alter	2. Leiche Weibliche Frühgeburt	3. Leiche Neugeboren. Mädchen	9. Veronika K. 16 Jahr 3 Monat	10. Therese H. 22 Jahr 2½ M.
Vier letzte Finger . . .	0,96	1	0,85	0,77
Uebrige Hand	0,76	1	0,72	0,63
Die ganze Hand	0,82	1	0,76	0,67
Unterarm	0,70	1	0,94	0,93
Oberarm	0,79	1	1,23	1,21
Fünf Zehen	0,89	1	1,32	1,29
Uebriger Fuss	0,91	1	0,94	1,05
Der ganze Fuss . . .	0,91	1	0,99	1,08
Unterschenkel	0,69	1	1,86	1,80
Oberschenkel	0,98	1	3,47	3,60
Hals und Unterkiefer . .	0,98	1	0,16	0,25
Oberkiefer und Schädel .	1,20	1	0,36	0,24
Beide untere Extremitäten	0,86	1	2,38	2,43
Becken	0,88	1	2,05	2,05
Bauch	1,05	1	0,83	0,80
Brust	1,24	1	1,02	1,04
Beide obere Extremitäten .	0,77	1	1,05	1,02
Hals und Kopf	1,03	1	0,24	0,24

Tabelle VIII. Verhältniss des Volumens von grösseren Summen homologer Körpertheile zum Gesammtvolumen, das Gesammtvolumen = 1 gesetzt.

(Aus Tab. V berechnet.)

	Hals, Kopf und Bauch	Brust und beide obere Extremitäten	Becken und beide untere Extremitäten	Gesammtvolumen	Gesammtgewicht
					g
1. L. Männl. Neugeborene	0,516	0,246	0,238	1	3956
4. L Johannes Bl. . . .	0,515	0,210	0,276	1	6923
8. Michael F.	0,223	0,293	0,484	1	30470
7. Joseph G.	0,243	0,289	0,468	1	28470
6. Stephan A.	0,246	0,275	0,480	1	50770
5. Joseph K.	0,222	0,283	0,495	1	54700
2. Hermann N.	0,237	0,288	0,476	1	59850
4. Andreas R.	0,243	0,327	0,430	1	62400
1. Joseph Sch.	0,280	0,271	0,450	1	68300
3. Jakob E.	0,287	0,266	0,448	1	47800
2. L. Weibl. Frühgeburt .	0,558	0,235	0,207	1	1249
3. L. Neugebor. Mädchen	0,537	0,225	0,239	1	2840
9. Veronika K.	0,235	0,231	0,533	1	54550
10. Therese H.	0,229	0,232	0,539	1	60230

Tabelle IX. Gewichtsbestimmungen von 4 Kindesleichen mit Bezug auf die Körpereintheilung und Resultate der Gewichtsbestimmung an 2 Leichen Erwachsener nach Harless.

	Eigene Messungen				Messungen von Prof. Harless	
Individuum und Alter . .	2. Leiche Weibliche Frühgeburt	3. Leiche Neugeboren. Mädchen	1. Leiche Neugeboren. Knabe	4. Leiche Joh. Bl. 1 J 10 M.	Graf	Kefer 29 Jahre
	g	g	g	g	g	g
Hand	9,1	22,6	25,5	48,1	540,0	383,6
Unterarm	14,8	41,7	57,3	85,8	1160,0	795,6
Oberarm	25,8	63,8	100,5	131,0	2070,0	1447,9
Fuss	15,2	36,1	44,3	91,6	1170,0	985,2
Unterschenkel	23,1	72,4	87,4	182,1	2800,0	2247,5
Oberschenkel	36,3	81,5	131,0	232,6	7165,0	5887,0
Beide untere Extremitäten	149,2	379,9	525,2	1012,5	22270,0	18239,4
Rumpf (mit Hals) . . .	600,4	1404,0	1961,0	3354,2	29608,0	19465,0
Beide obere Extremitäten .	99,2	256,1	366,6	529,6	7540,0	5254,2
Kopf	385,7	758,0	1037,0	1917,0	4555,0	3747,0
Gesammtgewicht	1234,5	2798,0	3889,8	6813.3	63973,0	46705,5 (angeblich 43340 g)

Tabelle X.

Verhältniss des Gewichtes des einzelnen Körpertheils zum Gesammtgewicht, dieses = 1000 gesetzt.

(Aus Tabelle IX berechnet.)

	Eigene Messungen				Messungen von Prof. Harless	
Individuum und Alter . .	2. Leiche Weibliche Frühgeburt	3. Leiche Neugeboren. Mädchen	1. Leiche Neugeboren. Knabe	4. Leiche Joh. Bl. 1 J. 10 M.	Graf	Kefer 29 Jahre
Hand	7,37	8,08	6,55	7,05	8,44	8,21
Unterarm	11,95	14,89	14,73	12,59	18,13	17,04
Oberarm	20,86	22,80	25,83	19,23	32,36	31,00
Fuss	12,33	12,89	11,38	13,44	18,29	21,09
Unterschenkel	18,71	25,88	22,46	26,73	43,77	48,12
Oberschenkel	29,37	29,12	33,68	34,14	112,00	126,05
Beide untere Extremitäten	120,82	135,78	135,02	148,61	348,12	390,52
Rumpf (mit Hals) . . .	486,37	501,78	504,14	492,30	462,82	416,76
Beide obere Extremitäten .	80,36	91,53	94,24	77,75	117,86	112,50
Kopf	312,45	270,91	266,60	281,36	71,20	80,22

Tabelle XI. (Vereinfachung von Tabelle X und V.)

Durchschnittswerthe für das Verhältniss des Volumens (oder Gewichts) eines einzelnen Körpertheils zum Gesammtvolumen (oder Gesammtgewicht) bei je 2 bis 4 Individuen der Tabellen X und V.

	Verhältniss des Gewichtes eines Körpertheils zum Gewicht des Gesammtkörpers (= 1000)		Verhältniss des Volumens eines Körpertheils zum Volumen des Gesammtkörpers (= 1000)					
	Kind	Erwachsener Mann	Kind	Knabe	Jüngling	Erwachsener Mann	Aelterer Mann	Jungfrau
Hand	7,27	8,33	6,88	9,58	7,64	5,85	6,06	5,80
Unterarm	13,54	17,59	12,65	14,51	16,60	14,89	14,34	13,51
Oberarm	22,18	31,68	20,78	23,65	32,24	26,87	28,16	27,56
Fuss	12,51	19,69	12,18	20,04	17,28	13,77	14,81	13,31
Unterschenkel	23,44	45,95	22,99	47,03	48,87	40,01	38,33	46,51
Oberschenkel	31,58	119,03	32,78	83,87	81,52	78,35	82,79	100,48
Beide untere Extremitäten	135,06	369,32	135,80	301,89	295,33	264,26	271,84	320,50
Rumpf (mit Hals)	496,15	439,79	511,33	504,52	515,74	576,18	544,22	519,71
Beide obere Extremitäten	85,97	115,18	80,64	95,48	112,96	95,22	97,11	93,74
Kopf	282,83	75,71	272,23	98,12	75,97	64,35	86,83	66,06
Durchschnittliches Alter	5 Monat	—	5 Monat	12½ Jahr	19½ Jahr	29 Jahr	49 Jahr	19¼ Jahr
	Mittel von 2. L., 3. L., 1. u. 4. L.	Mittel von Graf u. Kefer (n. Harless)	Mittel v. 2. L., 3. L., 1. u. 4. L.	Mittel von 7. und 8.	Mittel von 5. und 6.	Mittel von 2. und 4.	Mittel von 1. und 3.	Mittel von 9. und 10.

Zur Methodik der mechanischen Nervenreizung.

Von

J. von Uexküll.

(Aus dem physiologischen Institut zu Heidelberg.)

Jeder, der im Hinblick darauf, dass in 45 Jahren (seit der Veröffentlichung der grundlegenden Du Bois'schen Arbeiten) die Methode der mechanischen Nervenreizung sich noch immer nicht in der Physiologie eingebürgert hat, die über diesen Gegenstand erschienene Litteratur durchliest, wird sich des Gedankens nicht erwehren können, dass der Grund hierzu nicht so sehr in der Unbrauchbarkeit der mechanischen Reizung selbst liegt, als vielmehr in dem Umstande, dass fast alle Forscher dieselbe mehr ad hoc benutzt haben und eine gründliche Methodik bis jetzt noch ein Desideratum ist.

Obgleich alle Forscher einstimmig die Vorzüge der mechanischen Reizung gegenüber der elektrischen rühmen, hat sie sich dennoch nie zu einer ihrer würdigen Stellung erheben können, sondern ist nur als letztes Auskunftsmittel verwandt worden, wobei ihr die chemische Reizung meist noch vorgezogen wurde.

Ich habe im Folgenden versucht, ohne Rücksicht auf ein bestimmtes Thema den verschiedenen Formen der mechanischen Reizung nachzugehen und die Methodik von einheitlichen Gesichtspunkten aus durchzuexperimentiren.

Bevor ich auf meine Untersuchungen eingehe, gebe ich einen kurzen Ueberblick über die bisher verwendeten Methoden.

Das Zahnrädchen Du Bois'[1]) ist als das erste Instrument anzusehen, das speciell zur mechnischen Reizung construirt wurde. Es hatte den Zweck, durch rasche Zerquetschung des Nerven an immer neuen Stellen den Muskel in Tetanus zu versetzen. Für Einzelreize benutzte man bis dahin und auch fernerhin jeden beliebigen Gegenstand, um damit dem Nerven einen Schlag zu versetzen.

Das Urbild für fast alle folgenden Motoren war der Tetanomotor von Heidenhain[2]) aus dem Jahre 1856. An einem starren Balken sitzt ein Elfenbeinhämmerchen, das rhythmisch auf den Nerven klopft. Bewegt wird der Balken abwechselnd durch eine starke Spiralfeder und durch einen Elektromagneten mittels Contactauslösung.

Die Schwierigkeit bei der Einstellung des gleichfalls elfenbeinernen Nervenlagers, die Gefahr zu vermeiden, den Nerven binnen Kurzem zerklopft zu sehen, macht dieses in seiner Art beliebteste Instrument für feinere Untersuchungen beinahe unbrauchbar.

Der zweite von Heidenhain[3]) construirte Tetanomotor verfolgt den speciellen Zweck bei Vivisectionen die tief liegenden Nerven erreichen zu können; er wird mit einer Hand gehalten, mit der anderen dreht man die Kurbel eines Zahnrades, welches durch Uebertragung einen mit einem Elfenbeinkeil versehenen, starren Balken gegen ein elfenbeinernes Plättchen hin und her treibt.

Die Handhabung dieses Instrumentes ist, wie der Autor selbst zugibt, eine schwierige, auch ist der Stoss zu hart und nicht kurz genug.

Fast von derselben Construction und mit demselben Uebelstande behaftet, wie der erste Heidenhain'sche, ist Wundt's[4]) Tetanisator. Hierbei zieht der Elektromagnet den Reizhebel hinauf, der dann nach einer Contactauslösung durch seine eigene Schwere auf den Nerven herabfällt. Die Beweglichkeit des Magneten in der Verticalen

1) Du Bois' Untersuchungen Bd. 2 S. 517.

2) Heidenhain, Neue Methode: motorische Nerven auf mechanischem Wege zu tetanisiren. Physiol. Studien. Berlin 1856.

3) Heidenhain, Ein mechanischer Tetanomotor für Vivisection. Moleschott's Untersuch. 1857, Bd. 3 S. 124.

4) Wundt, Untersuch. zur Mechanik der Nerven. Erlangen 1871, S. 196.

gestattet allerdings die Hubhöhen und damit die Reizstärke in grösserem Umfange als der Heidenhain'sche Apparat zu variiren. Dafür zerklopft er aber auch mit Sicherheit binnen Kurzem den Nerven, wie das der Autor selbst beschreibt. Der Grund hierzu ist, wie Tigerstedt hervorhebt, die übertriebene Schwere des Hammers (89,5 g).

Auch Tigerstedt[1]), der sich am eingehendsten mit der mechanischen Reizmethode beschäftigt hat, hatte einen bestimmten Zweck im Auge. Er wollte einen Apparat herstellen, der ihm gestattete, mit Sicherheit die angewandten Reizgrössen für jede Stelle des Nerven zu bestimmen. Der erste Apparat, den er publicirte, war nur für Einzelreize eingerichtet. Zur Reizung dienten verschieden schwere, fallende Gewichte, die zugleich die Anker eines vertikal verstellbaren Elektromagneten waren. Das ganze Gestell war auch horizontal verschiebbar und beide Verchiebungen abzulesen. Dieser Fallapparat ist für die relativ einfache Arbeit, die er zu leisten hat, äusserst complicirt und, wie der Autor zugibt, schwer zu handhaben. Besonders scheint die Vorrichtung, um die gefallenen Anker wieder zu lüften, allzu erkünstelt zu sein.

Der zweite Reizmotor desselben Autors[2]) beruht auf dem Princip, die Reize bei constanter Fallhöhe durch Veränderung des fallenden Gewichtes zu variiren. Ein leichter Hebel, an dem Laufgewichte verschoben werden können, fällt durch seine Schwere auf den Nerven, der auf einem schmalen Brettchen ruht. Ein Elektromagnet zieht den Anker, der sich am kurzen Hebelarm befindet, herab. So gelingt es dem Autor, zu tetanisiren, doch hat er es im günstigsten Falle nur bis zu 21 Schlägen in der Sekunde gebracht, auch ist die Stärke des Reizes nur annähernd bestimmbar, die ganze Reisvorrichtung lässt sich vermittelst Kurbelgang und Schraubenführung längs des Nervenbrettes verschieben.

Alle Nachtheile der beiden ersten fallen bei dem dritten Tetanomotor Tigerstedt's[3]) fort, der, wie kein zweiter, eine Modification

1) Tigerstedt, Studien über mechanische Nervenreizung. Helsinfors 1880.

2) Tigerstedt, Ein Apparat zur mechanischen Nervenreizung. Zeitschr. f. Instrumentenkunde, März 1884.

3) Tigerstedt, Zur mechanischen Nervenreizung. Beitr. zur Physiologie, Carl Ludwig zu seinem 70. Geburtstage, Leipzig 1887.

des ersten Heidenhain'schen Apparates ist. Sein Princip ist das Umgekehrte des vorigen: es wird der Nerv mittels eines herabfallenden Hebels gereizt, die Stärke des Reizes aber wird bei constanter Schwere des Hebels durch Veränderung der Fallhöhe variirt.

Es ist dasselbe Princip wie das des Wundt'schen Apparates, nur beträgt die Schwere des fallenden Hebels nicht 89,5 g, sondern 0,620 g. Ferner sind die Hubhöhen direct abzulesen; sie werden gleichfalls durch einen verstellbaren Elektromagneten variirt. Neu und sehr glücklich ist der Nerventisch, der einen Ausschnitt aus einem Cylindermantel darstellt, auf dessen gekrümmter Schmalseite der Nerv zu liegen kommt. Das Centrum des Cylinders fällt mit der Mitte der Hebelachse zusammen. Dieser Cylindertisch kann in einer Rinne verschoben werden, um immer neue Stellen des Nerven unter den Hammer zu bringen. Die Verschiebung kann abgelesen werden.

Zum Tetanisiren mit genau bestimmbaren, sich immer gleichbleibenden Schlägen an jeder genau bestimmten Stelle des Nerven ist dieser Apparat unerreicht. Sehr wichtig ist es, dass alle Manipulationen ausserhalb der feuchten Kammer vollzogen werden können.

Einen sehr einfachen, nach dem Princip des Pendels construirten Apparat, um messbare Einzelschläge dem Nerven zu ertheilen, lernen wir durch Hällstén[1]) kennen. Eine Elfenbeinkugel, deren Durchmesser 25 mm beträgt, hängt an einem Faden. Sie wird bei gespanntem Faden an einer Viertelkreis-Scala vorbeigeführt und dann losgelassen. Am tiefsten Punkte des Bogens, den sie beschreibt, schlägt sie an eine Marey'sche Trommel, die den Stoss auf eine zweite horizontal gestellte Trommel überträgt. Diese setzt einen Hebel, der mit seinem Hammer auf den Nerven schlägt, in Bewegung.

Kronecker[2]) gibt in dem Instrumentarium seines Institutes einen Tetanomotor wieder, der an beide Heidenhain'sche Tetanomotoren erinnert. Ein Rad, das Zapfen trägt, und durch Kurbel-

1) Hällstén, Zur Kenntniss der mechanischen Reizung der Nerven. Du Bois' Archiv 1881.

2) Kronecker, Methoden der Physiologie. Festgabe zum ersten Physiologenkongress.

gang mit der Hand gedreht wird, schlägt in Intervallen, die ausgiebig variirt werden können, auf einen Hebel, dessen Hämmerchen auf eine Rinne schlägt, in der der Nerv liegt. Der Nerv wird vor der Zertrümmerung durch die Ränder der Rinne geschützt. Es ist diese einfache Schutzvorrichtung als eine bedeutende Verbesserung zu betrachten.

Der zuletzt publicirte Apparat stammt von Piotrowski[1]). Er verfolgt den sehr speciellen Zweck, einem Nerven an ein und derselben Stelle sich gleichbleibende Einzelschläge, innerhalb einer sehr kleinen Kammer zu ertheilen. Dies erreicht der Autor durch einen Apparat, der aus drei Theilen besteht. Erstens aus einem Doppelhebel, dessen langer wie kurzer Arm Laufgewichte mit Schraubengang tragen. Durch eine Handbewegung wird der Hebel, der in einer Lage von 45 Grad erhalten wird, frei und schlägt auf das Querbrettchen eines zweiten Hebels, der gleichfalls doppelarmig ist. Der kurze Arm desselben ist mit Feder und Aufschlag versehen, die ihn nach dem Schlag immer in die gleiche Lage zurückbringen.

Durch Fadenübertragung wird schliesslich ein kleines Hämmerchen in der Nervenkammer, das durch eine Feder gehoben ist, in immer gleicher Weise in Bewegung gesetzt. Etwas umständlich scheint die Manipulation zu sein, durch die man den Schlaghebel in die ursprüngliche Lage zurückführt.

Ganz aus der Reihe aller bis jetzt besprochenen Methoden fällt die Tetanisirungsart Langendorffs[2]). Der Schenkel wird hierbei am Kniegelenk fixirt, der Nerv ist mit einem kurzen Faden an die Zinke einer Stimmgabel von ca. 80 Schwingungen angebunden. Die Stimmgabel, die frei in der Hand gehalten wird, wird angeschlagen und allmählich von dem unverrückbar feststehenden Präparat entfernt, bis der Nerv eine gewisse Spannung erreicht, dann bricht im Schenkel ein sehr ausgiebiger Tetanus aus, der aber unfähig ist, secundären Tetanus hervorzurufen. Der Autor bezeichnet

---

1) Piotrowski, Die Trennung der Reizbarkeit und Leistungsfähigkeit der Nerven. Du Bois' Archiv 1893.

2) Langendorf, Tetanisirung der Nerven durch rhythmische Dehnung. Archiv f. d. ges. Medicin, 1882.

diese Form der Reizung als: Tetanisirung des Nerven durch rhythmische Dehnung.

Dieses sind, soweit mir bekannt ist, die bis jetzt angewandten Methoden der mechanischen Nervenreizung. Ich gehe jetzt zu meinen Untersuchungen über, die ich mit einigen Worten einleiten muss.

Bei der mechanischen Nervenreizung gibt es fünf Ursachen, von denen man jede einzeln als die speciell wirksame ansprechen kann, das sind: 1. Zerreissung, 2. Compression, 3. Dehnung, 4. Schwingung, 5. Erschütterung. Die erstgenannte Ursache können wir bei feineren Methoden mit Sicherheit ausschliessen, weil der Nerv nach der Reizung in vollem Umfang leitungsfähig bleibt. Die Compression ist kein Reiz, denn mit der nöthigen Vorsicht lässt sich jeder Nerv so langsam durchquetschen, dass kein Effect eintritt. Die Dehnung wird von Langendorff in einem speciellen Fall als Reizursache angesprochen. In den meisten Fällen handelt es sich wohl um Schwingung oder Erschütterung. Um diess zu entscheiden, fehlte es bis jetzt an einer genügenden Methodik. Die Methodik selbst aber kann nicht von diesen theoretischen Fragen ausgehen, sie muss nach ihren eigenen rein praktischen Gesichtspunkten behandelt werden.

Betrachten wir alle bisher bekannten Methoden, so finden wir mit einer einzigen Ausnahme das gleiche Princip befolgt: ein starrer Hammer schlägt auf ein starres Widerlager, der Schlag erfolgt senkrecht zum Widerlager und trifft den Nerven senkrecht zu dessen Längsachse. Diese vier Factoren können variirt und auf ihre Wirkungen hin geprüft werden. Diess ist der Zweck der vorliegenden Arbeit.

1. Der Hammer kann in folgenden Variationen auftreten, er kann a) starr, b) elastisch, c) flüssig, d) Luft sein.

2. Das Widerlager kann a) starr, b) elastisch, c) beweglich, d) flüssig, e) Luft sein (im letzten Fall ist dann der Nerv sein eigenes Widerlager).

3. Der Nerv kann a) senkrecht zur Längsachse, b) in seiner Längsachse getroffen werden.

4. Der Schlag kann a) senkrecht, b) parallel zum Widerlager und endlich c) von demselben weg geführt werden.

Es ist nun keineswegs geboten oder auch nur möglich alle denkbaren Permutationen der oben gegebenen Factoren durchzuprüfen. Immerhin werde ich 14 Modificationen der mechanischen Reizung im Folgenden zu besprechen haben, die ich nach der Richtung der Schlagführung gruppire.

A. Der Hammer schlägt senkrecht auf's Widerlager und senkrecht zur Längsachse des Nerven.

1. Hammer und Widerlager sind starr.

Dieses ist, wie schon gesagt, mit einer Ausnahme die einzige Form gewesen, in der man die mechanische Reizung bis jetzt angewandt hat. Wie unvortheilhaft dieselbe ist, sagt schon die Ueberlegung, dass der grössere Theil des Schlages (besonders wenn der Hammer um ein weniges zu schwer oder der Schlag zu stark ist) dazu verwendet wird, den Nerven einzudrücken und von der Compression wissen wir, dass sie einerseits den Nerven schädigt, andrerseits an sich keine Reizursache darstellt. In völliger Uebereinstimmung hiermit finden wir die Resultate der früheren Forscher. Ganz allgemein begegnen wir der Klage über die Schwierigkeit, die Reize richtig abzustufen, sowie die Schwere des Hammers und die Stärke des Schlages in das richtige Verhältniss zu bringen.

2. Der Hammer ist starr, das Widerlager elastisch.

Bei dieser Anordnung verwendete ich den ersten Tetanomotor Heidenhains, legte aber den Nerven auf einen Gummischlauch. Allerdings wurde der Effect hierdurch verbessert aber der Nerv wurde, trotzdem ein Theil des Stosses vom Widerlager aufgenommen wurde, dennoch durchgeklopft. Etwas geeigneter erwies sich die Reizung mittels einer Stimmgabel, die an einer Zinke ein angekittetes Deckgläschen trug und damit auf dem Nerven spielte. Jedoch auch diese Anordnung war nicht schonend genug.

3. Hammer und Widerlager sind elastisch.

Ganz anders als die vorhergehende Form entsprach diese den an sie gestellten Ansprüchen. Einmal sind die nöthigen Aenderungen ohne weiteres an dem verbreitetsten physiologischen Apparat anzubringen, zweitens ist der Effect befriedigend. Es gelang mir einen secundär sehr gut wirksamen Tetanus von 3 Minuten Dauer von derselben Nervenstelle zu erhalten. Als Motor diente der

Neef'sche Hammer am Du Boi'schen Schlitten, an dessen Anker ein 3—4 cm langes Holzstäbchen befestigt wurde, das am äussersten Ende einen kleinen Kupferbügel trug, dessen herabstehende Zinken durch ein angekittetes Glasstäbchen verbunden waren. Der Nerv lag wie oben auf einem dünnwandigen Gummischlauch, der in einem Abstande von ca. 1 cm von einander zwei enge Gummiringe trug; diese gaben dem hindurchgezogenen Nerven die nöthige Haltung. Die Nachgiebigkeit des Widerlagers kann man reguliren, wenn man anstatt des Gummirohres einen kleinen sehr dünnwandigen Gummiballen aufbläst und als Nervenlager benutzt. Doch muss auch hierbei für eine genügende Fixirung Sorge getragen werden. Der Schlitten muss von mindestens 2 Daniells getrieben werden, damit die sich langsamer folgenden Schläge noch energisch genug sind. Denn es hört bei schnellem Spiel des Hammers der Tetanus plötzlich auf. Man überzeugt sich dann durch den Augenschein, dass der Nerv an der Reizstelle vibrirende Bewegung zeigt. Stellt man den Hammer sogleich auf schnelle Schwingungen ein, so kann man ein Phänomen wahrnehmen, das ich mechanische Anfangszuckung nennen möchte, dieselbe gibt den Moment an, wo die Erschütterung in Schwingung übergeht und daher unwirksam wird.

4. Der Hammer ist elastisch, das Widerlager beweglich.

Diese gleichfalls bewährte Anordnung ist der eben besprochenen ähnlich. Derselbe Kupferbügel dient als Hammer, nur sehen in diesem Fall die Zinken nach oben. Der Nerv liegt ohne weitere Fixirung auf einer Hartgummiplatte, die mit einem rechteckigen Ausschnitt versehen ist, über welchen der Nerv gebrückt wird. Die Hartgummiplatte trägt nach oben 2 verticale Metallstäbchen auf denen ein leichtes Widerlager aus Elfenbein auf und ab gleiten kann. Wenn man unten an das Widerlager ein Stück einer Gummiröhre anbringt, so stellt dasselbe eine Vervollkommnung des elastischen Widerlagers dar, dessen Einstellung eine leichtere ist. Ein Messingstäbchen, das sich in der Mitte des Widerlagers befindet, trägt ringförmige Messinggewichte, mit denen man die Nachgiebigkeit des Widerlagers reguliren kann.

Weil der Neef'sche Hammer in den meisten Fällen keine genügende Variirung der Schlagfolge gestattet und weil er allzu leicht

verbogen wird, habe ich nach demselben Princip einen „elastischen Tetanomotor“ construirt. Figur 1 gibt ein leicht verständliches Bild desselben. An einer 12 cm langen dünnen Feder sitzt der Ankerklotz der zwischen den beiden Polen des Electromagneten frei hindurchschwingen kann. Im Anker sitzt verschiebbar ein Elfenbeinstäbchen, das vorne den Hammer (in diesem Falle ein Hartgummikeil) trägt. Bei Benutzung des beweglichen Widerlagers sieht dasselbe nach oben. Ein verstellbarer Aufschlag regulirt Schlagfolge und Schlaghöhe, kann jedoch ganz ausgeschaltet werden. Das Widerlager, das in der Verticalen und einer Horizontalen zu

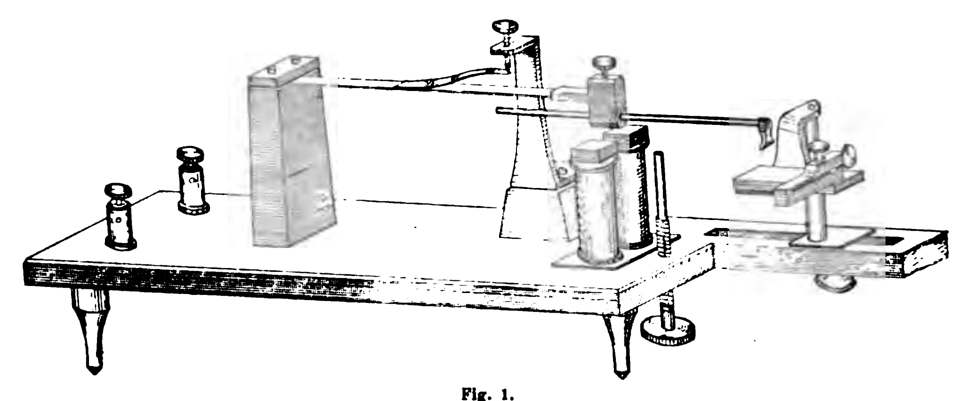


Fig. 1.
Der elastische Tetanomotor mit Nerventisch (auf dem das elastische Widerlager noch angebracht werden muss).

verschieben ist, trägt die Knochenklemme. Das eigentliche elastische Widerlager aus Gummi muss demselben noch aufgekittet werden.

Zur Einzelreizung mit der Hand benütze ich ein 10 cm langes Elfenbeinstäbchen mit abwärtsgekehrten Elfenbeinzinken, zwischen denen ein Kautschukfaden ausgespannt ist, der in der Mitte ein Holzkeilchen trägt.

5. Der Hammer ist starr oder elastisch, das Widerlager flüssig.

Einige Versuche, bei denen der Nerv auf einem abgestumpften Gelatinekeil lag, hatten mich belehrt, dass man das Widerlager nicht allzu nachgiebig gestalten darf, weil sonst der Antheil des Schlages, der den Nerven erregen soll, nicht mehr genügt. Vollauf wurde diese Erfahrung bestätigt, als ich zum Nervenpolster Quecksilber oder ½ % Kochsalzlösung wählte. Wohl erzielt man einen

prachtvollen Tetanus wenn man das Deckgläschen an der Stimmgabel auf einem Nerven nahe seinem Querschnitt spielen lässt, während er auf Quecksilber ruht. Sowie jedoch der Querschnitt aus dem Quecksilber entfernt wird und der Hammer auf einer querschnitt-freien Stelle des Nerven spielt, so bleibt der Muskel in vollkommener Ruhe. Von einem Nerven der durch zwei Korkstäbchen gehalten auf einer 1/2 % Kochsalzlösung schwimmt, lässt sich von keiner Stelle ein Effect erzielen, weil hier durch die netzende Flüssigkeit der Demarcationsstrom dauernd geschlossen bleibt. Ob der Hammer starr oder elastisch ist, ist hierbei ohne Bedeutung.

6. Der Hammer ist starr oder elastisch, das Widerlager Luft, (d. h. der Nerv ist sein eigenes Widerlager).

Dies ist die einfachste Anordnung in der man wohl meistens dem freihängenden Nerven Einzelschläge zu ertheilen pflegt. Jedem wird dabei wohl aufgefallen sein, wie viel leichter es ist, mit einem leichten, elastischen Stabe den Nerven zu erregen, als mit einem grossen starren Gegenstande. Aber auch die Richtung, in der der Schlag geführt wird, ist nicht unwesentlich. Am schwierigsten ist es, den frei herab hängenden Nerven zu erregen, wenn man ihn genau im rechten Winkel trifft. In diesem Falle hat er das geringste Widerlager und der Schlag wird zum grössten Theil dazu verwandt, den ganzen Nerven in Bewegung zu versetzen. Leichter ist es, wenn man den Nerven schräg von unten herauf trifft, denn mit der Verkleinerung des Winkels der Schlagrichtung wächst auch das Widerlager, das in diesem Fall der Nerv selbst abgibt. Am leichtesten ist es den Nerven wirksam zu reizen, wenn der Schlag von oben nach unten geführt wird, weil in diesem Falle die Nervenverbindung am Muskel ein wirksames Widerlager bildet.

Tetanisirungsversuche sind unter den obengenannten Voraussetzungen gleichfalls gemacht worden. So gibt Heidenhain an, dass er eine Glastafel, auf der der Nerv lag, mit dem Violinbogen angestrichen habe — ohne Erfolg. Ich habe mich einer Violinsaite bedient, an der auch Kühne wirkungslose Versuche gemacht hatte, jedoch mit besserem Erfolg. Allerdings bleibt jeder Effect aus, wenn der Nerv einfach quer über der Saite liegt und dieselbe noch

ziemlich rein anspricht. Dabei geräth wohl der ganze Nerv in Schwingungen oft mit mehreren Knoten, aber der Muskel bleibt in Ruhe. Mit dem Moment aber, wo man die Saite, anstatt zu streichen, zupft und der Nerv in Folge des ihm ertheilten Stosses nicht liegen bleibt, sondern auf- und abfliegt, reagirt der Muskel prompt. Die vortheilhafteste Anordnung ist dabei Anlage einer kleinen Partie des Nerven längs der Saite. Um Tetanus zu erzeugen, bediente ich mich anfangs einer langen Holzschraube, der gewöhnlichen Tischklemmen, mit der ich die Saite anstrich, später eines Zahnrädchens,

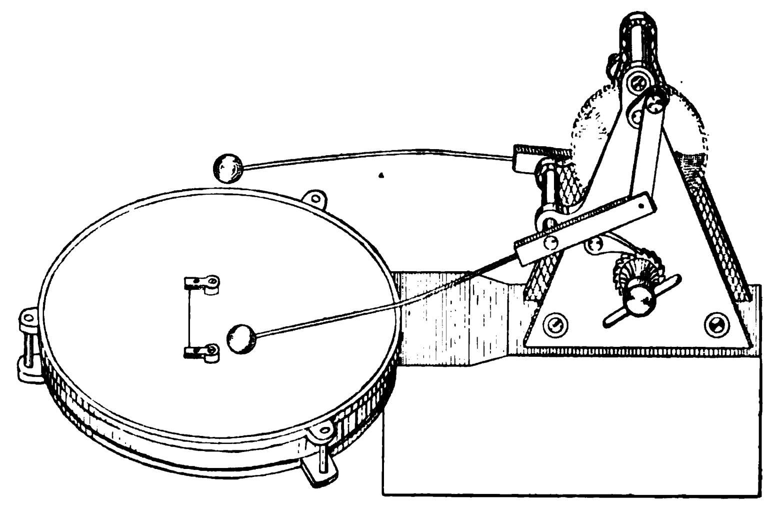


Fig. 2. Der Haartrommler.

das leicht auf der Saite spielte und von einem Wassermotor getrieben wurde. Jedoch war es unmöglich, eine gleichmässige Lagerung des Nerven zu erzielen und es schädigten ihn die Schläge der Saite in kurzer Zeit. Von der Erwägung ausgehend, dass je dünner die Saite sei, um so wirkungsvoller der Schlag sein müsse, weil dann ein geringerer Theil desselben an die Massenbewegung des Nerven verloren ginge, construirte ich ein Instrument, das der Haartrommler heissen mag. Fig. 2 gibt denselben wieder. In ein gespanntes Trommelfell sind zwei Metallknöpfchen eingeschraubt, die eine schnabelförmige Klemme tragen. Die beiden Klemmen halten ein straffgespanntes Pferdehaar. Zwei Trommelschlägel schlagen, durch ein einfaches Uhrwerk in Bewegung gesetzt, abwechselnd auf die

Trommel. Das Uhrwerk wird aufgezogen und kann beliebig angehalten werden.

Die Erwartungen, die ich an dies Instrument knüpfte, wurden nur zum Theil erfüllt. Allerdings gelang es mir mit Leichtigkeit, den Nerven in jeder Lage zu erregen, ohne ihn zu schädigen, aber die Fixirung des Nerven bot auch hierbei sehr grosse Schwierigkeiten. Erst nachdem ich mit Klebwachs den Nerven an zwei Stellen über den Klemmen der Metallknöpfchen befestigt hatte, wobei die mittlere Partie schlaff dem Haare anlag, gelang es mir, einen dauerhaften glatten Tetanus zu erzielen.

Gewiss ist es von theoretischem Interesse, zu constatiren, wie unwirksam das Trommelfell selbst gegenüber dem gespannten Haare sich verhält, aber zur praktischen Anwendung kann ich dies Instrument angesichts der oben angegebenen und einiger noch folgenden Methoden nicht empfehlen. Auch die Versuche mit der Saite sprechen nachdrücklich in dem Sinne, dass nur die Erschütterung reizt und die Schwingung unwirksam ist.

7. Den Hammer vertritt eine Flüssigkeit, das Widerlager ist starr oder elastisch.

Wenn man aus ca. 1 m Höhe Tropfen einer ½ % Kochsalzlösung auf den Nerven fallen lässt, der auf einer elastischen oder starren Unterlage ruht, so kann man Zuckungen auslösen, auch wenn die plötzliche Schliessung des Demarcationsstromes ausgeschlossen ist. Viel wirkungsvoller ist natürlich Quecksilber. Aus einigen Centimeter Höhe kann man mit kleinen Tropfen dieser Flüssigkeit, die nicht einmal den Nerven direct treffen, sondern ein ihm aufgelagertes dünnes Gummiblättchen, mit Sicherheit den Schenkel zur Reaction bringen. Dies hat mich veranlasst, da ich bei Tetanisirungsversuchen keine genügend rasche Tropfenfolge erzielen konnte, wenn auch nur im Modell, ein Instrument herzustellen, das ich die Quecksilbermühle nennen möchte, weil es nach dem Princip der Sandmühle, eines beliebten Kinderspielzeugs, construirt ist. Das Quecksilber fliesst in gleichmässigem Strahl auf ein Schaufelrad mit schräggestellten Schaufeln und setzt dasselbe in Bewegung. Das herabfliessende Quecksilber wird durch die Schaufeln gleichmässig unterbrochen und strömt stossweise durch einen Trichter auf die

Schutzmembran aus Gummi, unter der der Nerv auf elastischem Polster ruht. Die Schutzmembran, die an der Trichteröffnung befestigt ist, dient zugleich dazu, das Quecksilber in ein Ablaufgefäss zu leiten. Ich habe mit dieser Vorrichtung einen befriedigenden Tetanus erhalten. Die Quecksilbermühle hat viele Vorzüge, Reizstärke und Frequenz lassen sich durch Höhe und Stärke des einfliessenden Strahles sowie durch die Entfernung des Nerven von der Trichteröffnung leicht reguliren. Der Stoss des Quecksilbers ist auffallend kurz und daher als Reizmittel im Sinne der Erschütterung sehr wohl zu brauchen, schädigt dabei den Nerven im weitesten Umfang garnicht.

8. Den Hammer vertritt eine Flüssigkeit, das Widerlager ist flüssig.

Vielfache Versuche, bei denen das ganze Schenkelpräparat in einer mit ½ % Kochsalzlösung gefüllten Kolbenflasche lag, in deren Hals ein luftdichter Kolben mit und ohne Luftpolster der Salzlösung aufsass, haben mich überzeugt, dass keine Form von Schlag oder Erschütterung in diesem Falle im Stande ist, den Nerven zu erregen.

9. Den Hammer vertritt Luft, das Widerlager ist starr oder elastisch.

Dass kräftiges Anblasen ohne Effect auf den Nerven bleibt, einerlei auf welcher Unterlage er liegt, davon wird sich schon mancher überzeugt haben. Dagegen erzielte ich eine Wirkung, als ich mit einer kleinen Windpistole aus geringer Entfernung auf den Nerven schoss, jedoch nur wenn er sich auf starrer Unterlage befand.

10. Hammer und Widerlager bestehen aus Luft. Versuche mit der Kolbenflasche, wie bei 8, wobei die Kochsalzlösung durch Luft ersetzt war, ergaben dasselbe negative Resultat. Wenn auch die Versuche sich sehr ähnlich sehen, so ist doch der Grund des Misserfolges jedesmal in einer anderen Ursache zu suchen. Wasser ist als Hammer sehr wohl brauchbar, da es den Stoss vortrefflich überträgt und ganz incompressibel ist, als Widerlager aber ist es nicht zu gebrauchen, wie uns schon die Versuche unter Nr. 5 lehrten. Dagegen aber ist Luft als Widerlager, wie wir unter Nr. 6 sahen,

nicht so ungeeignet, als Hammer aber scheint dieselbe in Folge ihrer Compressibilität sehr wenig am Platz zu sein. Auch das Schiessen mit der Luftpistole erregt den freihängenden Nerven nicht. Es ist hier am Platz darauf hinzuweisen, dass, wo Hammer und Widerlager beide flüssig oder Luft sind, eine Erschütterung des Nerven nicht eintreten kann.

B. Der Hammerschlag wird senkrecht zum Widerlager geführt, trifft aber den Nerven der Länge nach.

11. Der Hammer ist starr das Widerlager elastisch. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachte ich die Langendorf'sche Methode, den an eine Stimmgabelzinke angebundenen Nerven durch die Schwingungen derselben zu reizen, nachdem ich zur Ueberzeugung gelangt bin, dass der Reiz in diesem Falle von den hin und her gerissenen Nerveninsertionen ausgeht. Die Deutung, die Langendorff seinem Phänomen zu Theil werden lässt, hat an sich schon etwas sehr Paradoxes, da es bekannt ist, dass Dehnung an sich kein Reiz für den Nerven ist. Es ist eine den Histologen wohlbekannte Thatsache, dass es gelingt, den Nerven mit zahlreichen Verästelungen aus dem Muskel, z. B. dem Gastrocnemius, herauszuziehen, ohne eine Zuckung auszulösen, vorausgesetzt, dass man dabei mit der gehörigen Schonung d. h. langsam genug zu Werke geht (man bindet zu diesem Zweck einen langen Gummifaden an die Achillessehne). Es lässt sich bequem demonstriren, dass Dehnung nicht reizt, wenn man ein leichtes Gefäss an den Nerven hängt, dessen Schenkel befestigt ist, und in dasselbe Quecksilber giesst. Stossweises Hineingiessen ruft sofort Zuckung hervor, wie wohl Jeder a priori annehmen wird, weil die Nerveninsertionen gerissen werden. Ganz dasselbe geschieht nun meiner Ansicht nach bei der Langendorf'schen Reizung. Ich leugne hiermit nicht allein die Reizform Langendorff's, ich verlege auch die Reizquelle an einen anderen Ort. Die ist der Punkt, an dem die experimentelle Prüfung einsetzen kann.

Vorab ist festzustellen, dass der Tetanus nicht abnimmt, wenn man den Nerven an einer beliebigen Stelle durchkneift. Da man an die intramuskulären Nerven nicht herankann, habe ich die Reizstelle nach aussen verlegt, indem ich den Nerven an einer beliebigen Stelle seines Verlaufs auf Kork festspiesste. Dann kniff ich den-

selben wenige Millimeter centralwärts durch, trotzdem trat Tetanus ein, als die Stimmgabel angeschlagen wurde. Hierbei kam nur ein ganz verschwindender Theil des Nerven in Frage, nämlich die wenigen Millimeter von der durchgekniffenen Stelle bis zur festgespiessten, da die periphere Partie locker und ungespannt auf dem Korke lag. Ich schliesse hieraus, dass der Reiz von der festgespiessten Stelle ausgeht, die hin und her gerissen wird. Ferner darf nach meiner Anschauung der Tetanus nicht eintreten, wenn die Stösse derart abgemildert werden, dass die Nerveneintrittstellen am Sarkolemma nicht mehr ruckweise gezerrt, sondern nur gleichförmig angezogen werden. Nun macht schon Langendorff darauf aufmerksam, dass die Schnur, die den Nerven mit der Zinke verbindet, möglichst kurz sein muss. Eine längere Schnur würde natürlich die einzelnen Stösse abdämpfen. Es lässt sich aber auch zeigen, dass es vortheilhaft ist, auch den Nerven möglichst kurz zu nehmen. Wenn man anstatt des ganzen Schenkels bloss den Gastrocnemius mit dem Ischiadicus verwendet, der wieder kurz mit der Stimmgabel verbunden ist und spannt mit einer längeren Schnur, die an der Achillessehne befestigt ist, das Präparat, so tritt der Tetanus nur noch sehr unterbrochen auf und der Nerv ist bald aus dem Muskel herausgezogen. Man hat es aber in diesem Fall in der Hand, durch Verkürzung des Nerven den Tetanus wieder voll ausbrechen zu lassen. Vollkommen wird die Wirkung der Dehnung ausgeschlossen, wenn man an der Achillessehne ein Stück dünner Gummischnur anbringt, dann wird der Nerv allmählich, ohne Zuckung auszulösen, aus dem Muskel herausgezogen. Es empfiehlt sich zu diesen Versuchen das umgekehrte Verfahren, das Langendorff einschlägt, anzuwenden, d. h. die Stimmgabel festzustellen und das Präparat mit der Hand zu spannen, weil die Hand an sich schon etwas die Schlagwirkung dämpft. Am überzeugendsten kann man die Erfolglosigkeit der rhythmischen Dehnung bei folgender Anordnung nachweisen: Der erste grosse Oberschenkelast ist an die Zinke gebunden, den Peronenus hält man mit einem kurzen Schnürchen in der Hand, der Tibialis mit dem Gastrocnemius liegen auf einer Glasplatte. In diesem Falle werden die Gastrocnemiusnerven, wie Langendorff es verlangt, rhythmisch gedehnt, das Widerlager aber, von dem aus

nach meiner Anschauung die Reize ausgehen, ist ganz aus ihrer Bahn ausgeschaltet. In der That treten Zuckungen erst ein, wenn dér Nerv einreisst.

Als Consequenz meiner Anschauung muss gefordert werden, dass der Tetanus der Langendorff'schen Reizung dem durch elektrische Reizung hervorgebrachten nicht entspricht, weil bei ersterem nicht alle Fasern im gleichen Querschnitt erregt werden, sondern erst die höher eintretenden kürzeren Fasern die genügende Spannung erreichen und dann später die längeren genügend stark auf ihre Endigungen wirken können.

Wir werden später einen mechanisch hervorgerufenen Tetanus kennen lernen, bei welchem die Fasern gleichfalls nicht im gleichen Querschnitt gereizt werden und der in Folge dessen secundär unwirksam ist. Dasselbe hat nun Langendorff bei seinen Versuchen auch gefunden. Dies ist meiner Ansicht nach ausschlaggebend, um die Langendorff'sche Erklärung seines Phänomens fallen zu lassen. Dass dagegen rhythmische Erschütterungen den Nerven in seinem Verlauf sehr wohl erregen, werden spätere Versuche zeigen.

C. Der Hammerschlag wird parallel zum Widerlager geführt und trifft den Nerven quer.

12. Hammer und Widerlager sind starr.

Zu diesen Versuchen, die viel Interesse bieten, habe ich ein eigenes Instrument construiren lassen, das ich seiner Wirkungsweise nach den Nervenrüttler (Neurotrib) nennen will. In Figur 3 ist der Nervenrüttler im optischen Längsschnitt dargestellt. Eine 8½ cm lange Messingröhre birgt eine Feder, die das dünnere Metallstück eines Stempels umgibt. Die Feder greift einerseits an das kleinere Hinterende des Stempels an, andererseits an einen vorspringenden inneren Ring der Röhre, der zugleich als Aufschlag für das vordere Stempelende dient. Dieses vordere Stempelende trägt den drehbaren Nerventisch aus Hartgummi, aus dessen Mitte sich ein länglicher Korkkeil erhebt. Auf ihn wird der Nerv gelegt. Ein Elfenbein-

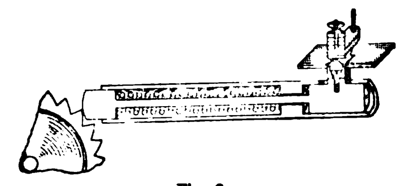


Fig. 3.
Der Nervenrüttler (Neurotrib). (Das Daumenrad gehörte zum Tetanomotor für Vivisection von Heidenhain.)

widerlager, das in der Mitte festzuschraubende ringförmige Messinggewichte aufgesetzt erhält; gleitet ganz locker auf zwei Messingstäbchen des Tisches. Das Widerlager wird ganz abgenommen und ohne Druck auf den Nerven gelegt. Durch schnelles Rotiren eines Daumenrades, das das vorspringende Hinterende des Stempels gegen die Feder treibt, erhält man mit Leichtigkeit einen ausgiebigen glatten Tetanus, der sofort absinkt, wenn man das Widerlager entfernt oder mit der Reizung aufhört. Wohl glaube ich, dass durch diese Methode der Nerv leichter tetanisch wird, als bei den Klopfmethoden, doch leidet seine Leitungsfähigkeit gar nicht und die gerüttelte Stelle zeigt keine sichtbare Abnormität. Das Wichtigste ist, dass der Tetanus secundär unwirksam ist. Dies kann nur dadurch erklärt werden, dass die Fasern, wie aus der ganzen Anlage hervorgeht, nicht im selben Querschnitt erregt werden. Ob aber die Erregungswellen in den Muskelfasern in gleicher Flucht oder in Abständen von einander ablaufen, das ist entscheidend für die secundäre Wirksamkeit des Tetanus. Wir haben es demnach mit dem Nerverrüttler in der Hand, ein Peletonfeuer nachzuahmen gegenüber dem Salvenfeuer der elektrischen Reizung.

13. Der Hammer ist starr, das Widerlager Luft.

Hierunter rechne ich zunächst meine vergeblichen Versuche, den Nerven durch longitudinale Schwingungen in Erregung zu versetzen. Eine ca. 7 Fuss lange Messingstange wurde genau in der Mitte gefasst und an einer Hälfte mit einem Colophonium-Lappen angerieben bis sie laut tönte. Auf der anderen Hälfte lag der Nerv in allen erdenklichen Lagen: direct auf dem Metall, auf einem angekitteten Glasplättchen, auf einem gespannten Haar, schliesslich wurde er auf einem bajonettförmigen Glasstäbchen aufgespiesst — alles ohne den geringsten Erfolg. Dieses negative Resultat erinnert lebhaft an den Misserfolg bei tönenden Saiten. Nichts lag näher als auch in diesem Fall die Erschütterung gegenüber der Schwingung auf ihre Wirksamkeit für die Reizung zu prüfen. Dazu bedarf man aber besonderer Vorrichtungen, da eine fest gefasste Stange den Stoss an die Erde abzugeben vermag und derselbe daher unwirksam wird. Ich benützte deshalb einen Teil des Mosso'schen Eryographen für meine Versuche. Ein kleiner Metallklotz gleitet, wie man sich erinnern wird,

leicht auf zwei runden Stangen und kann mittels einer Schnur rasch und kräftig an einem Aufschlag herangeführt werden. In der That gelingt es auch auf diese Weise, wenn auch mit ziemlicher Kraftaufwendung, einen Schenkel, dessen Nerv isolirt in beliebiger Lage dem Metallklotz aufliegt, zum Zucken zu bringen. Auf die Construction eines Tetanomotors nach diesem Princip habe ich verzichtet, weil ein solcher sehr grosse Dimensionen annehmen müsste und schwer in Bewegung zu setzen wäre, vorzüglich aber weil der Nervenrüttler im Princip dasselbe leistet.

D. Der Hammerschlag wird senkrecht vom Widerlager weg geführt.

14. Diese Methode, die man einfacher als Reizung durch plötzliche Entlastung bezeichnet, bietet theoretisch von allen Methoden das meiste Interesse. Ich habe keine Angaben in der Literatur darüber gefunden und mir kam der positive Erfolg dieser Reizform derart überraschend, dass es zahlreicher Wiederholungen bedurfte, um mich zu überzeugen. In seiner reinsten Form ist der Entlastungsreiz folgendermassen unschwer zu demonstriren. Ein strarrer Hebel (ich benutze dazu den verlängerten kurzen Hebelarm des Heidenhain'schen Tetanomotors, nachdem die Feder entfernt ist) trägt ein Laufgewicht und einen Hammer mit breiter Platte aus Elfenbein. Dieser Hammer drückt einen isolirt liegenden Nerven zusammen. Der andere Hebelarm trägt den Anker des Electromagneten. Sowie derselbe in Thätigkeit tritt fliegt der Hammer vom Nerven ab und der Schenkel zuckt. Dem Nerven kann man ein dünnes Gummiblättchen auflagern ohne den Effect zu ändern.

In viel einfacherer Form wird sich jeder vom Entlastungsreiz überzeugen können, wenn er den gut benetzten Nerven, der auf einer Glasplatte ruht mit einem hakenförmigen 1 mm dicken Glasstab langsam zusammendrückt und dann plötzlich mit der Hand zurückführt.

Man gewinnt die Anschauung, als wenn elastische Kräfte irgend welcher Art, die dem Nerven selbst angehören, hierbei in Action treten. Ich habe die electrometrische Analyse dieser Erscheinung begonnen, die aber noch nicht zum Abschluss gekommen ist. Ich setze noch eine Erfahrung hierher, die offenbar auf Reiz durch

Entlastung beruht. Herr Prof. Kühne machte mich auf eine häufig gemachte Beobachtung aufmerksam, die ich nachträglich bestätigen konnte. Nach längerem Aufstützen des Ellenbogens, wobei der Ulnaris gedrückt wurde, erhielt er bei plötzlichem Heben des Armes Zuckungen in den Handmuskeln und heftiges Prickeln in der Hand.

Hiermit schliesse ich das Referat über meine Versuche, weil dieselben, wie ich glaube, bereits gestatten einige Cardinalpunkte aufzustellen.

Erstens müssen Hammer und Widerlager bei senkrechter Schlagführung in ein complementäres Verhältniss gebracht werden. Je starrer der Hammer ist, um so nachgiebiger muss das Widerlager sein, und je nachgiebiger der Hammer ist, um so starrer muss das Widerlager sein. (So legt man den Nerven am besten auf eine Flüssigkeit oder hängt ihn frei auf, wenn übermässige Schläge mit harten Gegenständen ertheilt werden sollen und legt ihn andererseits auf Glas, wenn Luftstösse ihn erregen sollen). Denn nach einer Seite hin hat man zu befürchten, dass der Nerv zerstört werde, nach der anderen Seite, dass der Stoss zu schwach ausfällt. (Die Flüssigkeiten übernehmen die dem Nerven ertheilten Stösse bei allen gewöhnlich in Frage kommenden Reizgrössen vollständig, beim freihängenden Nerven geht der grössere Theil des Stosses an die Massenbewegung verloren.)

Ferner muss der Stoss möglichst kurz sein. Nicht allein sind Druck und Dehnung völlig unwirksam, auch Schwingungen sind als Reizmittel nicht anzusehen. (Weil selbst sehr rasch sich folgende Stösse, die den Nerven in Schwingung versetzen, nicht mehr reizen.) Mit einem Worte, nur Erschütterung reizt.

Endlich ist die möglichste Localisirung des Reizes wünschenswerth. (Vom gespannten Haar erhält man Tetanus auf der unwirksamen Trommel.)

Könnte man den Stoss sowohl der Zeit als dem Raum nach noch weit mehr einschränken, so wäre gar kein fremdes Widerlager nöthig.

Demnach könnte man den electrischen Reiz, wenn die übrigen Wirkungen (Polarisation, Electrolyse), auszuschliessen wären, und nur die kataphorischen Wirkungen desselben als einzige Reizursache

nachblieben, wegen seiner Kürze und strengen Localisation als Ideal der mechanischen Reizung hinstellen.

Ich schliesse mit einem Bilde, das vielleicht am geeignetsten ist, uns eine Gesammtvorstellung von der Wirkungsweise der mechanischen Reizung zu geben, ohne die Theorie der Nervenerregung damit auch nur streifen zu wollen. Der Nerv verhält sich der mechanischen Reizung gegenüber qualitativ genau so, wie ein mit Elfenbeinkugeln gefüllter Gummischlauch unter denselben Umständen. Denken wir uns den Gummischlauch an beiden Enden mit Membranen verschlossen, deren eine einen Schreibhebel trägt, um uns anstatt des Muskels den Effect anzugeben, so haben wir das Bild des ganzen Nervmuskelpräparates vor Augen. Der Hebel antwortet nur, wenn die letzten Elfenbeinkugeln die Membran hervortreiben. Diess geschieht aber nicht, wenn der ganze Gummischlauch schwingt, sei es nun transversal oder longitudinal, sondern nur wenn man Mittel anwendet, die die Elfenbeinkugeln im Innern aneinander schlagen lassen, worauf die angeschlagenen den Stoss nach beiden Seiten weitergeben, der die letzten Kugeln gegen die Membranen fliegen lässt. Das vermögen aber weder Schwingungen noch Druck noch Dehnung, sondern nur Erschütterungen. Genau wie beim Nerven muss entweder der Hammer oder das Widerlager Festigkeit besitzen oder die Reizung bleibt erfolglos. Dabei wird ein schwächerer aber kurzer und gut localisirter Schlag vor einem stärkeren und langsameren der dabei eine grössere Partie der Oberfläche trifft, den Vorzug haben. Die Uebereinstimmung des Nerven mit unserem idealen Modell in Betreff des Entlastungsreizes ist vielleicht die schlagendste.

Die Apparate sind alle vom Institutsmechaniker des Heidelberger physiologischen Institutes, Runne, verfertigt.

Die Stickstoffbestimmung im Harn nach Schneider-Seegen.

Von

Fritz Voit.

(Aus dem physiologischen Institut zu München.)

Ausser von der Genauigkeit ist der Werth einer quantitativen Bestimmungsmethode für Stoffwechseluntersuchungen hauptsächlich von der Bequemlichkeit und der nöthigen Erforderniss an Zeit und Aufmerksamkeit bei der Ausführung abhängig. Vor allem ist dies der Fall bei den Stickstoffbestimmungen im Harn, welche ja bei derartigen Arbeiten oft in sehr grosser Zahl ausgeführt werden müssen.

Durch die früher angewandten unbequemen und zeitraubenden Methoden von Dumas und Will-Varrentrapp waren solche Untersuchungen ausserordentlich erschwert. Man konnte meistens nicht den Gesammtstickstoff im Harn ermitteln, sondern suchte aus der bequemen, aber in vielen Fällen ungenauen Harnstofftitrirung den Stickstoff zu berechnen.

Gegenwärtig ist eine Gesammtstickstoff-Bestimmung nicht nur im Harn sondern auch im Koth und in den Nahrungsbestandtheilen keine complicirte Sache mehr, Dank des von Kjeldahl angegebenen, von Wilfarth modificirten und von Argutinsky für physiologische Zwecke am eingehendsten ausgearbeiteten Verfahrens. Von allen Seiten ist die Exaktheit und die Bequemlichkeit dieser Methode anerkannt. Sie hat alle anderen Bestimmungsarten in den Schatten gestellt, so dass in den neuesten Lehr- und Handbüchern der

physiologisch-chemischen Analyse fast ausnahmslos nur mehr ihre Beschreibung Platz gefunden hat.

Das Verfahren von Kjeldahl-Wilfarth erfordert aber immerhin noch eine ziemlich lange Zeit, da eine Analyse 2 — 3 Stunden dauert[1]). Dabei besteht der Missstand, dass man die Analyse, auch wenn sie einmal im Gang ist, nicht durchaus sich selbst überlassen kann. Namentlich ist das Ueberfüllen des Inhalts der kleinen Verbrennungskölbchen in die grossen Destillationskolben und das Zugeben der Lauge lästig.

Dieser Nachtheil ist vermieden bei einer älteren Methode der Stickstoffbestimmung im Harn, welche von einigen Autoren stark in Misskredit gebracht worden ist, meiner Meinung nach sehr mit Unrecht und nicht zum Vortheil der physiologischen Forschung. Es ist dies die Methode von Schneider-Seegen. Diese kommt, wie ich im Folgenden zeigen will, an Genauigkeit der Bestimmung nach Kjeldahl-Wilfarth gleich, an Bequemlichkeit übertrifft sie dieselbe und führt obendrein in kürzerer Zeit zum Ziele.

Sie stellt bekanntlich eine speciell für den Harn angegebene Modification der Will-Varrentrapp'schen Bestimmung dar. Denn wie diese, beruht sie auf der Ueberführung des Stickstoffes der stickstoffhaltigen Verbindungen in Ammoniak durch Erhitzen mit Natronkalk.

Zuerst hat C. Voit eine ähnliche Modification der Methode von Will-Varrentrapp zur Bestimmung des Gesammtstickstoffs im Harn angewendet[2]); doch ist dieselbe so, wie sie Voit angegeben hat, eine wenig handliche. Schneider und Seegen gebührt das Verdienst, sie zu einer ausserordentlich bequemen und wenig Zeit in Anspruch nehmenden umgewandelt zu haben[3]).

Die vielen Vorwürfe der Unzuverlässigkeit, welche trotz ebenso zahlreicher und durch Analysen gut begründeter Gegenäusserungen

1) Argutinsky. Pflüger's Arch. Bd. 46 S. 581, 1890. Arnold und Wedemeyer (Pflüger's Arch. Bd. 52 S. 590, 1892.) geben die viel zu kurze Zeitdauer von einer Stunde an.

2) C. Voit. Chemisch-physiologische Untersuchungen. 1857, S. 6.

3) J. Seegen. Physiologisch-chemische Untersuchungen über den Einfluss des Glaubersalzes auf einige Faktoren des Stoffwechsels. Sitzungsberichte der Wiener Akad. Bd. 69, S. 7, 1864, und Virchow's Arch. Bd. 29 S. 558, 1864.

der Methode von Will-Varrentrapp gemacht worden sind, vermochten auch einer allgemeinen Einbürgerung der Schneider-Seegen'schen Bestimmung hindernd in den Weg zu treten. Ich habe keine Veranlassung, auf die gegen die Will-Varentrapp'sche Methode gerichteten Einwürfe hier näher einzugehen. Der Beweis, dass diese Methode bei richtiger Ausführung auch richtige Resultate gibt, ist durch die mit peinlichster Sorgfalt angestellten Untersuchungen Grubers[1]) unwiderleglich erbracht, wenn auch von mancher Seite immer noch die Genauigkeit derselben als eine fragliche hingestellt wird. Ich will mich hier nur mit denjenigen Einwänden befassen, welche im Besonderen der Modification von Schneider-Seegen entgegengehalten worden sind.

Exacte Untersuchungen; d. h. solche, welche durch die Angabe genauer Analysen einen Vergleich der durch die Schneider-Seegen'sche Bestimmung gewonnenen Resultate mit denjenigen nach einer anderen Methode, etwa Kjeldahl oder Dumas, erhaltenen, zulassen, liegen nur in sehr beschränkter Zahl vor. Häufig wird ohne jede Begründung das absprechende Urtheil gefällt.

Washburne[2]) hat zuerst eine abfällige Kritik über die Schneider-Seegen'sche Methode veröffentlicht. Er nennt dieselbe unbrauchbar, einmal weil die Kolben, wenn sie bis zur Rothgluth erhitzt werden, meist springen, und dann, weil Ammoniakderivate in die Vorlage übergehen. Dieser letztere Vorgang habe, wie er meint, darin seinen Grund, dass die Menge des Natronkalkes, mit dem der Harn überschüttet wird, nicht ausreiche, um eine vollständige Zerlegung bis zum Ammoniak zu bewirken. Zahlenbelege für diese seine Gedanken führt er nicht an.

Dann ist von Schröder[3]) die Genauigkeit angezweifelt worden. Dieser fand nach Schneider-Seegen weniger Stickstoff im Harn als nach Will-Varrentrapp und zwar um 1—3%. Neben seinen eigenen Zahlen führt er auch solche aus einer (nicht veröffentlichten)

---

1) M. Gruber. Untersuchungen über die Ausscheidungswege des Stickstoffes aus dem thierischen Organismus. Zeitschr. für Biol. Bd. 16 S. 367, 1880.

2) Washburne. Bullet. de la soc. chim. tom. 25 p. 498, 1876.

3) W. Schröder. Ueber Stickstoffbestimmung im Harn. Zeitschr. für phys. Chemie. Bd. 8 S. 70, 1879.

Arbeit von v. Knierim an, welche das Gleiche besagen. Obwohl kurz nachher Gruber[1]) auf Grund zahlreicher Bestimmungen die Methode bei Anwendung nicht zu concentrirter Harne als völlig zuverlässig bezeichnete, gibt doch Huppert[2]) nach einer Beschreibung der Bestimmung nach Schneider-Seegen, offenbar unter dem Einfluss der Schröder'schen Arbeit Folgendes an: „Das Verfahren, welches sich durch leichte Ausführung und geringen Verbrauch an Zeit auszeichnet, liefert meist weniger Ammoniak als die Bestimmung nach Varrentrapp-Will."

Dagegen kann man bei Zuntz[3]) lesen: „— nur zur Controle machte ich eine Anzahl Bestimmungen des Harnstickstoffs nach Schneider-Seegen. Die Uebereinstimmung (mit den nach Kjeldahl erhaltenen Resultaten) war eine fast absolute, ebenso wie bei einigen vergleichenden Bestimmungen nach Dumas."

Erhebliche Differenzen zwischen Schneider-Seegen und Kjeldahl gibt Garnier[4]) an (bis zu 19%).

Endlich stammt noch eine abfällige Kritik von Arnold und Wedemeyer[5]). Dieselben sagen, nachdem sie die allgemein anerkannte Genauigkeit der Kjeldahl'schen Stickstoffbestimmung hervorgehoben und die zu ihrer Ausführung im Harn nöthige Zeit abgeschätzt haben[6]), Folgendes: „Unter diesen Umständen ist zu verwundern, dass die Schneider-Seegen'sche Methode noch Anhänger besitzt. Bei der letzteren Methode findet trotz sorgfältiger Auswahl des Materials ein häufiges Springen der Kolben statt, ferner gelingt es nur schwer, die letzten Tropfen Feuchtigkeit abzudestilliren und ist beim schliesslich nothwendigen Durchsaugen von Luft durch

---

1) a. a. O. S. 388.

2) Neubauer und Vogel. Anleitung zur qualitativen und quantitativen Analyse des Harns. 8. Aufl. 1881, S. 263. Auch in der 9. Auflage (1890) heisst es: »Während das ursprüngliche Verfahren (Will-Varrentrapp) genau so viel Stickstoff liefert, wie das Verfahren nach Dumas und das nach Kjeldahl findet man nach Seegen-Schneider oft nicht unbeträchtlich zu wenig.«

3) N. Zuntz. Ueber den Nährwerth der sogenannten Fleischpeptone. Pflüg. Arch. Bd. 37 S. 313, 1885.

4) L. Garnier. Journ. de pharm. et de chim. Bd. 15 S. 557, 1887.

5) C. Arnold und K. Wedemeyer. Zur Bestimmung des Harnstickstoffs nach Schneider-Seegen u. nach Kjeldahl. Pflüg. Arch. Bd. 52 S. 590, 1892.

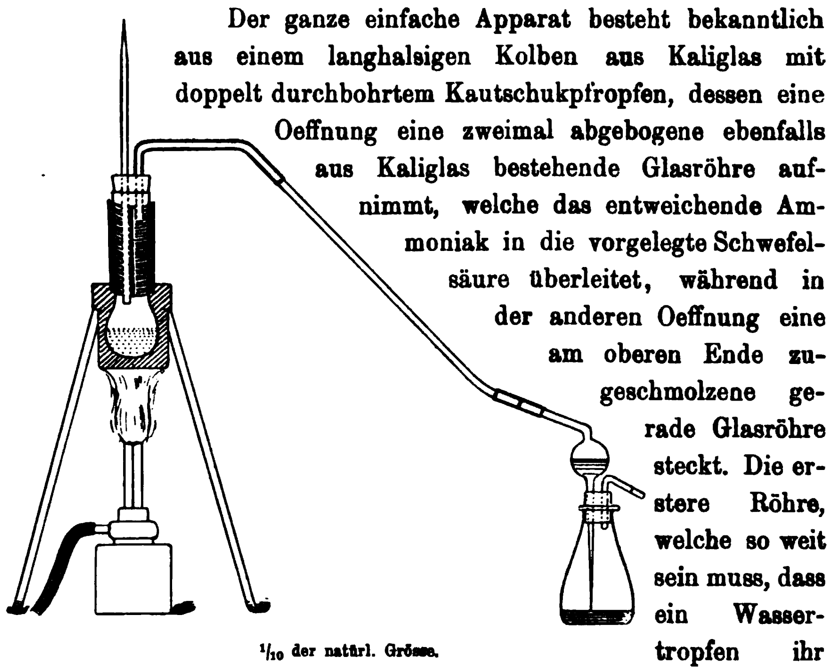
6) Aber viel zu kurz!

den Verbrennungskolben die Gefahr sehr gross, dass Natronkalktheilchen mit in die Vorlage gerissen werden. Bis zur Vollendung der Destillation sind in der Regel 1½ Stunden nothwendig. Aber abgesehen von diesen Fatalitäten wird auch meist nach der Schneider-Seegen'schen Methode weniger Stickstoff gefunden." Aus den beigefügten Zahlenbelegen ergibt sich ein Deficit im Hundeharn bis zu 20%, im Menschenharn bis zu 16%.

Dies sind so grosse Fehler, dass sie, wenn sie bei richtiger Ausführung der Schneider-Seegen'schen Methode wirklich vorkommen, dieselbe zu einer unbrauchbaren stempeln würden. Ich bin gezwungen, anzunehmen, dass diejenigen, welche solche Differenzen gefunden haben, nicht in der richtigen Weise arbeiteten. Denn niemals habe ich ein derartiges Deficit beobachtet.

Zunächst will ich nun die Methode beschreiben, wie sie seit langer Zeit im Münchener physiologischen Laboratorium ausgeführt wird, um dann den Beweis ihrer Genauigkeit zu erbringen.

Der ganze einfache Apparat besteht bekanntlich aus einem langhalsigen Kolben aus Kaliglas mit doppelt durchbohrtem Kautschukpfropfen, dessen eine Oeffnung eine zweimal abgebogene ebenfalls aus Kaliglas bestehende Glasröhre aufnimmt, welche das entweichende Ammoniak in die vorgelegte Schwefelsäure überleitet, während in der anderen Oeffnung eine am oberen Ende zugeschmolzene gerade Glasröhre steckt. Die erstere Röhre, welche so weit sein muss, dass ein Wassertropfen ihr



1/10 der natürl. Grösse.

Lumen nicht vollständig ausfüllen kann, ragt nur ganz wenig in den Kolbenhals hinein, die letztere dagegen bis gegen den aus-

gebauchten Theil des Kolbens. Ueber den oberen Theil der zweimal abgebogenen Röhre ist ein Kautschukschlauch geschoben, der vom Pfropfen bis etwas über die zweite Knickung des Rohres reicht. Dadurch wird beim Erhitzen der Ansatz von Condensationswasser im oberen Theil der Glasröhre verhindert, was deswegen von Wichtigkeit ist, weil das etwa herabtropfende Wasser leicht das Springen des Kolbens verursachen kann. Zur Aufnahme des Glaskolbens dient ein kupfernes Sandbad. Vor der Beschickung mit Harn wird der ganze Apparat zusammengestellt, indem man die Ueberleitungs-Röhre mit der Vorlage durch ein Stück Kautschukschlauch verbindet.

Der ausgebauchte Theil des Kolbens wird dann je nach der Menge des zur Analyse verwendeten Harnes mit mehr oder weniger feingekörntem Natronkalk gefüllt. Es muss immer so viel Natronkalk in den Kolben kommen, dass der Harn vollständig aufgesaugt wird; niemals darf eine Flüssigkeitsschicht darüber stehen. Die Kolben, wie sie im Münchener physiologischen Laboratorium in Anwendung kommen, sind so gross, dass die Anfüllung der unteren erweiterten Partie bis zur Hälfte zur Aufnahme von 10—15 ccm Flüssigkeit vollkommen genügt. Es sind dazu ungefähr 80 g Natronkalk erforderlich.

Nach dem Einpipettiren des Harnes wird der Pfropfen rasch und fest auf den Kolben aufgesetzt, dieser in das Sandbad gestellt und nun so weit Sand nachgefüllt, dass der untere kugelige Theil allseitig von Sand umgeben ist. Der aus dem Sandbade herausragende Hals des Kolbens wird durch zwei Blechhülsen umschlossen.

Früher wurde die vorzulegende Schwefelsäure in den Will'schen Kugelapparat eingefüllt. Viel bequemer sind die seit einigen Jahren im Münchener physiologischen Laboratorium benützten Vorlagen in der Form von Erlenmeyer'schen Kolben mit doppelt durchbohrtem Kautschukpfropf. In beiden Bohrungen befinden sich winklig abgebogene Glasröhren. Die Röhre, welche mit dem Ueberleitungsrohr verbunden wird, hat an der Knickung, ehe sie in den Pfropf eintritt, eine kugelförmige Auftreibung und taucht im Innern des Kolbens mit ihrem sich verjüngenden Ende in die Schwefelsäure ein. Da die kugelförmige Auftreibung den Zweck hat, ein Zurücksteigen der Schwefelsäure in die Ueberleitungsröhre

zu verhindern, so muss sie so geräumig sein, dass sie die vorgelegte Flüssigkeit vollständig aufnehmen kann. Die zweite Röhre ragt nur ganz wenig in den Kolben hinein und mündet frei nach aussen.

Ehe man mit dem Anheizen beginnt, wird der ganze Apparat auf seine Schlussfähigkeit geprüft. Zu dem Zwecke saugt man ein wenig an der freien Röhre der Vorlage; dadurch wird im Kolben ein luftverdünnter Raum geschaffen, und es muss, falls alles luftdicht schliesst, die Schwefelsäure in die Kugel emporsteigen und in der Höhe stehen bleiben.

Zum Erhitzen dient ein Dreibrenner, welchen man die erste Viertelstunde hindurch nur mit kleiner Flamme brennen lässt. Umgibt man das Ueberleitungsrohr in der angegebenen Weise mit einem Kautschukschlauch und erwärmt man das Sandbad langsam, so wird ein Springen der Kolben fast immer vermieden. Bei sehr zahlreichen Bestimmungen, welche ich nach Schneider-Seegen ausgeführt habe, ist mir auf diese Weise nur äusserst selten ein Kolben zu Verlust gegangen.

Seegen gibt bei der Beschreibung seiner Methode an, eine halbstündige Glühhitze sei hinreichend, um aus 5 ccm Harn sämmtlichen Stickstoff als Ammoniak in die Vorlage zu bringen. Ich habe in zahlreichen vergleichenden Bestimmungen einige Male bei Anwendung von 10 ccm, in ganz vereinzelten Fällen auch bei Anwendung von 5 ccm Harn nach halbstündigem Erhitzen mit voller Flamme etwas zu geringe Werthe erhalten. Eine Stunde Erhitzens ist aber ausnahmslos auch für 10 ccm Harn genügend.

Ist die Verbrennung zu Ende, so wird mit Hilfe einer Saugvorrichtung durch den Apparat Luft hindurchgesaugt, nachdem die oberste Spitze des zugeschmolzenen Glasrohres abgekneipt wurde. Am einfachsten erzielt man die Saugwirkung durch Herabfliessenlassen von Wasser aus einer höher stehenden Flasche in eine tiefer stehende mittels eines Hebers. Zu gleicher Zeit erwärmt man die Ueberleitungsröhre gelinde, bis alles Wasser aus ihr verschwunden ist. Dadurch wird alles Ammoniak, was sich allenfalls noch im Apparat befinden sollte, in die vorgelegte Schwefelsäure getrieben.

Arnold und Wedemeyer führen an, es gelinge nur schwer, die letzten Tropfen Flüssigkeit abzudestilliren. Was sie damit meinen,

ist mir nicht verständlich. Im Kolben selbst kann sich nach einstündigem Erhitzen keine Flüssigkeit mehr befinden: Die Temperatur in demselben steigt über den Siedepunkt des Quecksilbers[1]). Die Wassertropfen aber, welche sich an der Ueberleitungsröhre ansetzen, lassen sich durch das Ventiliren und das gleichzeitige Erwärmen mit Leichtigkeit wegbringen.

Schröder hat nach der Verbrennung eine ganze Stunde lang den Apparat ventilirt. Das ist vollständig unnöthig. Ein Kolben, wie er zur Schneider-Seegen'schen Bestimmung zweckmässig ist, fasst ca. 200 ccm. Wenn man also 2 l Luft hindurchsaugt, so ist damit die in ihm befindliche Luft 10 mal gewechselt, was zur Entfernung der letzten Ammoniakreste genügt. Selbstverständlich muss dabei der Kolben noch heiss sein, da der erkaltete Natronkalk das Ammoniak mit grosser Hartnäckigkeit festhält. Ich sauge mittels zweier Saugflaschen immer ca. 3 l Luft durch den Apparat. Dies dauert 5—8 Minuten; man hat aber dabei, nachdem die Glasröhre einmal erwärmt ist, gar nichts weiter zu thun. Durch eine Klemmschraube lässt sich die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft hindurchstreift, leicht reguliren. Dieselbe darf keine zu grosse sein; ist dies der Fall, dann kann man allerdings daran denken, dass Natronkalktheilchen mit in die Vorlage gerissen werden, was Arnold und Wedemeyer als eine sehr grosse Gefahr bezeichnen. Bei irgendwie vorsichtigem Durchsaugen ist diese Fehlerquelle sicherlich niemals vorhanden. Arnold und Wedemeyer selbst sind ihr ja glücklich entgangen; denn sie hätten sonst bei der Schneider-Seegen'schen Bestimmung doch eher zu hohe Werthe finden müssen. Um aber auch bei grösserer Geschwindigkeit der durchströmenden Luft jedes Uebertreten von Natronkalk in die Vorlage auszuschliessen, braucht man nur in den Anfangstheil der Ueberleitungsröhre einen kleinen, lockeren Pfropf von Glaswolle einzuführen, welcher dann etwa aufgewirbelten Natronkalkstaub zurückhält. Ich halte aber, wie schon gesagt, diese Vorsichtsmaassregel für vollständig unnöthig.

Es ist keineswegs erforderlich, gleich nach Beendigung der Verbrennung Luft durch den Apparat zu saugen. Man kann die

1) Cfr. Seegen a. a. O. S. 7.

Flammen auslöschen und den Apparat beliebige Zeit stehen lassen. Nur ist dann zu beachten, dass man vor dem Durchsaugen den Kolben erst wieder erwärmt. Hierbei kann man, da kein Wasser mehr im Kolben ist, sogleich mit voller Flamme anheizen, und hat höchstens 10—15 Minuten zu warten. Auch kann die Titration nach der Abnahme der Vorlage beliebig lang hinausgeschoben werden, was bei der Bestimmung des Stickstoffs nach Kjeldahl-Wilfahrt wegen des mit übergehenden Schwefelwasserstoffes nur für kurze Zeit angeht[1]).

Es ist sehr bequem, die Doppelbestimmungen so aufzustellen, dass sich die Ueberleitungsröhren kreuzen und die beiden Vorlagen nicht zu weit von einander entfernt stehen. Man kann dann am Schlusse mit einem Saugapparat die Ventilation beider Kolben zu gleicher Zeit bewerkstelligen, so dass zwei Analysen fast in derselben Zeit ausgeführt werden können, wie eine.

Die Vortheile der Methode brauche ich darnach nicht weiter hervorzuheben. In 1½ Stunden ist eine Doppelanalyse vollständig beendigt. Dabei besteht die nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit, dass man sich, wenn die Erhitzung einmal im Gang ist, gar nicht mehr um den Apparat zu bekümmern hat. Erst am Schlusse sind noch einige nur ganz kurze Zeit in Anspruch nehmende Manipulationen erforderlich.

Nun bleibt mir noch zu zeigen übrig, dass auch die Genauigkeit allen an eine zu Stoffwechseluntersuchungen benützte Methode zu stellenden Anforderungen entspricht. Ich habe nur einige Analysen mit reinen Substanzen, und zwar mit Harnstoff gemacht; denn es kam mir ja nur darauf an, die Brauchbarkeit des Verfahrens für den Harn zu prüfen.

Harnstofflösungen.

N berechnet	N gefunden	
	nach Kjeldahl-Wilfarth	nach Schneider-Seegen
1. 46,67 %	46,61 %	46,68 %
2. 46,67	46,69	46,64

Im Harn wurden zum Vergleich Bestimmungen nach Kjeldahl-Wilfarth ausgeführt. Ich verfüge über eine sehr grosse Anzahl

1) S. Argutinsky a. a. O. S. 589.

(über 100) derartiger vergleichender Analysen, da ich seit längerer Zeit alle, auch die zu anderen Zwecken erforderlichen Stickstoff-Bestimmungen nach beiden Methoden machte. Es wäre eine Raumverschwendung, wollte ich sämmtliche dabei erhaltene Zahlen hier anführen. In der Mehrzahl der Fälle war die Uebereinstimmung eine fast absolute. In der nachfolgenden Tabelle sind daher nur die grössten jemals beobachteten Abweichungen nach beiden Seiten hin verzeichnet.

	N in 5 ccm		Differenz auf 100 N
	Kjeldahl-Wilfarth	Schneider-Seegen	
Menschenharn (gemischte Kost) unverdünnt	0,0834	0,0835	+ 0,12
	0,0447	0,0446	— 0,22
Kaninchenharn, verdünnt	0,0316	0,0318	+ 0,63
	0,0948	0,0946	— 0,21
Hundeharn verdünnt			
1. Hunger	0,0975	0,0976	+ 0,10
	0,0556	0,0554	— 0,36
2. Gemischtes Fressen	0,0862	0,0865	+ 0,35
	0,0412	0,0411	— 0,25
3. 1500 g Fleisch	0,0974	0,0982	+ 0,81
	0,1369	0,1366	— 0,22

Diese Zahlen bedürfen, da es sich nur um die extremsten Abweichungen handelt, keines weiteren Commentars.

Auch im Hundeharn, nach Zufuhr von viel Fleisch, zeigt sich keine wesentliche Differenz zwischen den nach Schneider-Seegen und den nach Kjeldahl gewonnenen Resultaten. Gerade für den Harn des Hundes bei Fleischnahrung aber wird hauptsächlich der ersteren Methode die Brauchbarkeit abgesprochen, weil der Hund bei Fütterung mit viel Fleisch häufig Kynurensäure ausscheidet, welche beim Erhitzen in Kynurin (Oxychinolin) übergeht, welches sich mit Schwefelsäure zu schwefelsaurem Kynurin verbindet. Dieses Salz wird durch Barytwasser zerlegt und es spaltet sich das auf Lackmus neutral reagirende Chinolin ab, so dass bei der Titrirung mehr Barytwasser zum Verbrauch kommen muss, als dem Stickstoffgehalt entspricht.

Nun findet sich aber die Kynurensäure keineswegs constant im Harn des fleischfressenden Hundes, und ferner ist sie, wenn sie

vorkommt, immer nur in sehr geringer Menge in demselben enthalten. Ein 21 kg schwerer Hund Seegen's[1]) schied im Tag 0,3—0,6 g Kynurensäure aus. Kretschy[2]), von welchem die genauesten Angaben über das chemische Verhalten der Säure herstammen, erhielt im Harn eines 34 kg schweren Hundes, der täglich 1 kg Pferdefleisch verzehrte, im ersten Monat eine Ausbeute von nur 0,1, späterhin von 0,8 g Rohsubstanz.

Baumann[3]) fand 0,6—0,18 g, Haagen[4]) im Maximum 0,735 g im Tagesharn. Die höchste Zahl, 2,363 g in 24 Stunden geben Voit und Riederer[5]) an. Dieselben stellten aber die Kynurensäure nicht hinreichend rein dar, indem sie den Harn mit verdünnter Salzsäure versetzten, wobei mit der Kynurensäure immer auch etwas Harnsäure ausfällt.

Aber auch solche extrem grosse Mengen von Kynurensäure können keinen für Stoffwechselversuche nennenswerthen Einfluss auf das Resultat der Stickstoffbestimmung im Harn ausüben. Die Kynurensäure enthält 7,4% Stickstoff, so dass 2,36 g der Säure 0,17 g Stickstoff entsprechen. An dem Tage, an welchem der Hund von Voit und Riederer 2,36 g Kynurensäure ausschied, waren in seinem Harn 110,27 g Harnstoff = 51,46 N enthalten. Zieht man den Stickstoff der ausgeschiedenen Kynurensäure in Rechnung, so erhält man 51,63 g, d. i. eine Aenderung um 0,33%, wobei die Voraussetzung gemacht ist, dass sämmtlicher Stickstoff der Kynurensäure sich der Titration entzieht.

Dies trifft aber keineswegs zu. Ich habe in je 5 ccm einer Kynurensäurelösung Stickstoffbestimmungen nach Schneider-Seegen und nach Kjeldahl gemacht und nach der ersteren Methode etwas über 20%[6]) zu wenig gefunden. In der obenstehenden Berechnung

1) Seegen a. a. O. S. 24 f.

2) Kretschy. Untersuchungen über Kynurensäure. Sitz. Ber. d. Wiener Akad. Bd. 83, 1881.

3) Baumann. Die aromatischen Verbindungen im Harn und die Darmfäulniss. Zeitschr. f. phys. Chem. Bd. 10, S. 123, 1886.

4) M. Haagen. Ueber den Einfluss der Darmfäulniss auf die Entstehung der Kynurensäure beim Hunde. Jnaug.-Diss Königsberg 1887.

5) C. Voit und L. Riederer. Ueber die Ausscheidungsverhältnisse der Kynurensäure im Hundeharn. Zeitschr. f. Biol. Bd. 1, S. 315, 1865.

6) Gruber (a. a. O. S. 377.) fand in reiner Kynurensäure nach Will-Varrentrapp um 26% weniger Stickstoff als nach Dumas.

entziehen sich demnach der Bestimmung nicht 0,17 g, sondern nur 0,034 g Stickstoff, so dass das Deficit nur 0,06% beträgt. Ich habe ferner zweimal zu Hundeharn Kynurensäure gefügt, und zwar soviel, dass sich in der Tagesmenge (ca. 700 ccm) etwa 4 g derselben fanden, also das Doppelte der grössten Menge, welche bis jetzt beobachtet wurde, und habe dann in 10 ccm des verdünnten Harnes Stickstoffbestimmungen gemacht und folgende Werthe gefunden:

	Kjeldahl-Wilfarth	Schneider-Seegen	Differenz auf 100 N
1.	0,1089	0,1090	+ 0,09
2.	0,1206	0,1205	− 0,08

Ich will es dahingestellt sein lassen, ob eine so vollständige Ausbeute an Stickstoff bei Gegenwart von Kynurensäure den kohlenstoffreichen Verbindungen des Harnes zu verdanken ist. Jedenfalls kommen solche Differenzen bei jeder Methode, auch bei dem Verfahren nach Kjeldahl vor, und sind vollständig bedeutungslos.

So genaue Resultate setzen natürlich ein möglichst genaues Abmessen der verwendeten Flüssigkeiten voraus und hierin wird häufig viel gefehlt. In dieser Hinsicht möchte ich auf eine von Dr. Max Cremer, Assistent am hiesigen physiologischen Institute angegebene Pipette hinweisen, die seit etwa 1½ Jahren im Laboratorium in Gebrauch ist und vorzügliche Dienste leistet[1]). Ihr Princip ist aus der beigegebenen Figur leicht verständlich.

I

II

Zum Einfüllen der an einem Stativ festgeklemmten Pipette steht der Hahn in der Stellung wie in Fig. I. Die Flüssigkeit wird durch Saugen an der Röhre a (am bequemsten mittels eines Kautschukschlauches) bis in diese emporgetrieben; dann wird der

1) Dieselbe wird von J. Greiner in München angefertigt.

Hahn gedreht, die Pipette ist gefüllt. Soll die Flüssigkeit ablaufen, so kommt der Hahn in die Stellung II, d. h. er wird um 180° von der Stellung I aus gedreht. Da, wie ersichtlich, beim Gebrauch dieser Pipette keinerlei Ablesung nothwendig ist und die Flüssigkeit von selbst sich immer auf den nämlichen Punkt einstellen muss, so ist jede subjective Beeinflussung ausgeschlossen und ein fast absolut genaues Abpipettiren ermöglicht. Zur Beurtheilung der Genauigkeit führe ich die bei der Aichung einiger solcher Pipetten erhaltenen Zahlen an:

1. Pipette für ca. 5 ccm

4,9273 ccm
4,9255 „
4,9295 „
4,9274 „
4,9289 „
} Mittel = 4,9277 ccm

Grösste Differenz = 0,0040 ccm = 0,08 %

2. Pipette für ca. 5 ccm

4,8400 ccm
4,8399 „
4,8398 „
4,8391 „
4,8399 „
4,8392 „
4,8401 „
4,8394 „
} Mittel = 4,8396 ccm

Grösste Differenz = 0,0010 ccm = 0,02 %

3. Pipette für ca. 10 ccm

10,0600 ccm
10,0602 „
10,0642 „
10,0620 „
10,0607 „
} Mittel = 10,0614 ccm

Grösste Differenz = 0,0042 ccm = 0,04 %

Zur Kenntniss des Säureabbaues des Glykogens.

Von

Max Cremer.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Herr Professor C. J. Lintner[1]) hatte im Beginne des Wintersemesters 1893/94 die Liebenswürdigkeit, mir mündlich Mittheilung von Versuchen seines Laboratoriums zu machen, in denen Stärke unter erhöhtem Druck der Einwirkung verdünnter Oxalsäure ausgesetzt wurde. Die Uebertragung dieser Versuchsanordnung auf das Glykogen führte zu analogen Resultaten.

Löst man Glykogen in der fünffachen Menge verdünnter Oxalsäure (1 g krystallisirte Oxalsäure auf 500 ccm Wasser), erhitzt im Dampftopf während 25 Minuten bei 3 Atmosphären (am besten in gebrauchten Kjeldahlkölbchen), versetzt mit einer dem angewandten Glykogen etwa gleichen Menge Phenylhydrazin und entsprechend Essigsäure, erhitzt im kochenden Wasserbade 1 bis 1½ Stunden, verdünnt auf das zehnfache und filtrirt, so krystallisirt aus dem Filtrat beim Erkalten der Hauptsache nach Isomaltosazon, während Glucosazon auf dem Filter bleibt. Die Ausbeute an rohem Isomaltosazon beträgt etwa 10% des angewandten Glykogens. Ein (unter Zusatz Flemming'scher Blutkohle) wiederholt umkrystallisirtes Produkt sinterte und schmolz mit einem Vergleichspräparat des Herrn Dr. Düll aus Stärke zu gleicher Zeit.

---

1) Vergl. C. J. Lintner und G. Düll, Ueber den Abbau der Stärke unter dem Einfluss der Diastasewirkung. Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 26 S. 2547.

E. Külz und J. Vogel[1]) haben zuerst beim Abbau durch Fermente Isomaltose in den Inversionsproducten des Glykogens nachgewiesen. Nach dieser Richtung hin hat also der Nachweis derselben in den Säureinversionsproducten des Glykogens zur Zeit nur mehr ein sekundäres Interesse. Zu betonen ist aber, dass es bisher nicht gelang Anzeichen für das Vorhandensein von Maltose zu finden. Das dargestellte Isomaltosazon hat z. B. im Gegensatz zu dem ersten Product, das man bei der Einwirkung der Fermente in der Regel erhält, keinen zu hohen, sondern einen zu niedrigen Schmelzpunkt, der sich nur langsam beim Umkrystallisiren erhöht.[2])

Im Falle der negative Befund bezüglich Maltose auch in Zukunft unerschüttert bleiben sollte, wäre die Annahme so gut wie bewiesen, dass in allen Fällen, in welchen durch Fermente aus Glykogen (und Stärke) Maltose entsteht dies durch Umlagerung primär gebildeter Isomaltose stattfindet. Für Diastase steht die Umwandlungsmöglichkeit der Isomaltose fest[3]). Der Vermutung, dass Gleiches auch für thierische Fermente gelten möge, habe ich[4]) zuerst Ausdruck verliehen. Den direkten Beweis gedenke ich an der Hand reiner Isomaltoselösungen zu versuchen, die mir Herr Professor C. J. Lintner schon vor längerer Zeit für diesen Zweck in Aussicht zu stellen die Güte hatte.

1) Centralblatt für die med. Wissensch. 1893, No. 49 S. 818. Dann dieselben: Welche Zuckerarten entstehen bei dem durch thierische Fermente bewirkten Abbau der Stärke und des Glykogens? Zeitschr. f. Biol. Bd. 31 S. 108 f. Vergl. auch Röhmann, Zur Kenntniss der Isomaltose. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1893, No. 51 S. 849.

2) Vergl. indes Külz und Vogel, a. a. O. S. 121 u. 122.

3) C. J. Lintner, Ueber Isomaltose und deren Bedeutung für die Bierbrauerei. Zeitschr. f. d. ges. Brauwesen, Jahrg. 1892, No. 1 S. 7.

4) In meiner Habilitationsschrift: Ueber das Verhalten einiger Zuckerarten im thierischen Organismus. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 S. 514. — Vergl. Külz und Vogel, a. a. O. S. 115.

Ueber die Umlagerungen der Zuckerarten unter dem Einflusse von Ferment und Zelle.

Ein Beitrag zur Lehre von der Glykogenie und Gährung

von

Max Cremer.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Die Umlagerung von Isomaltose in Maltose durch Diastase[1]) ist vom theoretischen Standpunkte aus höchst interessant.

Ist doch die Frage, ob Galaktose ein echter Glykogenbildner sei, im Grunde wohl identisch mit der Frage: „Können die Leberzellen des höheren Thieres Galaktose in Traubenzucker umlagern?“ Zwar ist die Umwandlung einer Biose in eine andere wohl verschieden von der einer Hexose in eine andere. Immerhin wird man aber diese eher für möglich halten, wenn jene feststeht.

Dagegen scheint allerdings der Umstand zu sprechen, dass es bisher in vitreo nur gelungen ist, die Säuren der Zuckergruppe glatt auf dem Wege stereochemischer Umlagerung in einander zu verwandeln, nicht die Zucker selbst. Es gibt aber eine ganze Reihe von Thatsachen, die einer solchen Möglichkeit resp. Wirklichkeit unter dem Einflusse der Zellen das Wort reden; wobei ich aber nicht sagen will, dass der Vorgang gerade völlig wesensgleich sei mit dem bei den Säuren der Zuckergruppe.

Das Verhalten der Lävulose sei nur kurz berührt.

Es steht von ihr fest, dass Thier- und Pflanzenzelle sie jedenfalls relativ glatt in Traubenzucker zu verwandeln vermögen. Die

1) Vergleiche die vorhergehende Abhandlung.

Leberzelle[1]) auch des entpankreasten[2]) Hundes bildet aus ihr Glykogen, Kartoffeltriebe und Chlorophyllkörper im Dunkeln Stärke[3]) und die Hefezelle (siehe später) Hefeglykogen.

Die Lävulose braucht dabei keine stereochemische, sondern lediglich eine structurchemische Umlagerung zu erleiden. Sie wird aus einer Ketose zu der einen zugehörigen Aldose.[4])

Aber auch für die relativ glatte Umlagerung einer Aldehydhexose in eine andere durch den Einfluss der Zellen sind zahlreiche Beispiele gegeben. Kartoffeltriebe und gewisse Blätter vermögen im Dunkeln auch aus Galaktose Stärke zu bilden, die Configuration der Galaktose in diejenige des Traubenzuckers zu verwandeln. Umgekehrt wird man wohl den Milchdrüsenzellen die Fähigkeit zuschreiben müssen, aus dem Traubenzucker des Blutes Milchzucker, in dem ein Galaktosemolekül steckt, zu erzeugen. (C. Voit, a. a. O.)

Die Reservecellulose, ein Anhydrid der d-Mannose, scheint bei der Keimung der Samen in Dextrose überzugehen.[5]) In der Hefezelle (Hefegummi) kann d-Mannose aus Dextrose entstehen (s. später).

Wie aus den berühmten Untersuchungen Emil Fischer's hervorgeht, stehen nun Traubenzucker einerseits und d-Galaktose und d-Mannose andererseits in einem solchen Verhältniss zu einander, dass die letzteren durch stereochemische Umlagerung an je einem

---

1) C. Voit, Ueber die Glykogenbildung nach Aufnahme verschiedener Zuckerarten. Zeitschr. f. Biol. Bd. 28 S. 257.

2) Minkowski, Untersuch. über den Diabetes mellitus nach Exstirpation des Pankreas. Archiv f. exp. Pathol. u. Pharm. Bd. 31 S. 158.

3) Wegen der Literatur sehe man C. Voit, a. a. O. S. 290, sowie Th. Bokorny, Studien u. Experimente über den chemischen Vorgang der Assimilation. Habilitationsschrift, Erlangen 1888. Genannt seien A. Mayer und E. Laurent.

4) E. Fischer, Reduction des Fruchtzuckers. Bericht der d. chem. Ges. Bd. 23 S. 3684, 1890.

5) Reiss, Ueber die Natur der Reservecellulose und ihre Auflösungsweise bei der Keimung der Samen. Landwirthschaftl. Jahrbücher 1889. In dem Abschnitt: „Ueber die Natur der Cellulose der von Reservecellulose führenden Samen erzogenen Keimpflanzen", S. 759. Er sagt unter Anderem: „Sollte sich herausstellen, dass das Lösungsproduct der Cellulose in der Pflanze thatsächlich Dextrose ist, so würde eine solche Feststellung das wichtige Resultat liefern, dass ein und dasselbe Kohlenhydrat bei der Spaltung in zwei verschiedene Zuckerarten gleicher Zusammensetzung überführbar ist."

einzigen asymmetrischen Kohlenstoffatom aus jenem entstanden gedacht werden können, während andere Hexosen an mehreren Kohlenstoffatomen gleichzeitig solche Umlagerungen erleiden müssten, z. B. l-Glucose (nicht gährend) an vier.

Emil Fischer[1]) ermittelte nämlich folgende Configurationen:

	H	H	OH	OH		
CH_2 OH	C	C	C	C	COH	d-Mannose
	OH	OH	H	H		
	H	H	OH	H		
CH_2 OH	C	C	C	C	COH	d-Glucose
	OH	OH	H	OH		
	H	OH	OH	H		
CH_2 OH	C	C	C	C	COH	d-Galaktose.
	OH	H	H	OH		

d-Mannose würde zum Traubenzucker durch stereochemische Umlagerung am α, d-Galaktose am γ-Kohlenstoffatom. Am α-Kohlenstoffatom finden die Umlagerungen beim Erhitzen der Säuren der Zuckergruppe statt, wie zahlreiche Beispiele in E. Fischer's Arbeiten darthun. Aber auch das γ-Kohlenstoffatom[1]) hat nach diesem Forscher eine besondere Bedeutung. In der freilich noch nicht sichergestellten Tollens'schen Traubenzuckerformel[2]) findet diese Beziehung Ausdruck.

```
   / CHOH
  /  CHOH
O    CHOH
  \  CH
     CHOH
     CH2OH ;
```

α- und γ-Kohlenstoffatom erscheinen so beide der Aldehydgruppe benachbart.[3])

1) Ueber die Configuration des Traubenzuckers u. seiner Isomeren. II. Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 24 S. 2683 u. f., 1891. Emil Fischer und Robert S. Morell über die Configuration der Rhamnose und Galactose. Bericht Bd. 27 S. 382 u. ff., 1894.

2) Emil Fischer, Ueb. d. Glucoside der Alkohole. Bericht 26. S. 2403, 1893.

3) Die Bindung zwischen γ-Kohlenstoffatom und Aldehydgruppe ist nach E. Fischer (a. a. O.) für die Glucopolyosen anzunehmen, also für Stärke, Glykogen etc.

d-Mannose und d-Galaktose verhalten sich im thierischen Organismus sehr ähnlich, wenn wir auch über die genauere Rolle bei der Glykogenbildung noch keine gesicherte Kenntniss besitzen.[1])

Physiologisch stimmen sie ferner darin überein, dass beide von gewissen Arten von Saccharomyces cerevisiae vergohren werden.

Ueber Beziehungen zwischen Gährfähigkeit und Glykogenbildung bei Zuckerarten hat zuerst C. Voit[2]) ausführlich gehandelt. Später habe ich den erweiterten Kenntnissen entsprechend die Frage besprochen.[3])

Seitdem habe ich mich sehr viel mit dem Problem, das darin zu liegen scheint, beschäftigt und mir allmählich folgende Vorstellung gebildet, im Anschlusse namentlich an Versuche der in den Fragen der pflanzlichen Reservestoffbildung so hochverdienten belgischen Forscher Leo Errera und E. Laurent.[4])

Die Hefe enthält eine ziemliche Anzahl von Kohlenhydraten.[5])

Ausser Hefecellulose[6]) ist aus ihr dargestellt ein gummiartiger Körper, den viele Autoren aufgefunden haben. C. J. Lintner[7]) und E. Salkowski[8]) isolirten ihn mit Hülfe der Kupfer- resp.

1) Cremer, Ueber das Verhalten einiger Zuckerarten im thierischen Organismus. Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 S. 533. Aus der inzwischen erschienenen Litteratur mache ich aufmerksam auf Wilh. Sandmeyer, Ueber die Folgen der partiellen Pankreasexstirpation beim Hund. Zeitschr. f. Biol. Bd. 31 S. 49.

2) a. a. O. S. 298.

3) a. a. O. S. 551.

4) Ich erwähne von deren Schriften: Leo Errera, L'épiplasme des ascomycètes et le glycogène des vegetaux. Habilitationsschr. Brüssel 1882. — E. Laurent, Nutrition hydrocarbonée et formation de glycogène chez la levure de bière. Annales de l'institut Pasteur. 1889, p. 113. — Idem, Etudes biologiques I partie; Recherches physiologiques sur les levures. Bull. de la soc. belge de mikrosc. t. XIV, 1890. Letztere Abhandlung war mir nicht im Original zugängig. Ein ausführliches Referat findet sich in Koch's Jahresbericht über die Fortschritte in der Lehre von den Gährungsorganismen. 1890, S. 54.

5) Vergl. vor allem C. Naegeli und O. Loew: Ueber die chemische Zusammensetzung der Hefe. Lieb. Ann. 193 S. 322.

6) Neuerdings siehe Leo Liebermann und Béla v. Bittó, Chemie der Hefezellen. Centralbl. f. Physiol. 1894, No. 26.

7) Zur Kenntniss der sog. stickstofffreien Extractstoffe in der Gerste bezw. m Malze und im Biere. Zeitschr. f. angewandte Chemie 1890, H. 19.

8) Ueber fermentative Processe in den Geweben. Du Bois-Reymond's Archiv 1890, S. 554. — Idem, Ueber die Kohlenhydrate der Hefe. Bericht d. d. chem. Ges. Bd. 27 S. 497.

Kupferalkaliverbindung. F. Hessenland[1]) zeigte, dass er Mannose enthält.

Nach demselben Autor kommen auch Pentosen in der Hefe vor (Furfurolbestimmung), aber keine Galaktose oder Galaktane. (Er erhielt keine Schleimsäure.)

Rob. Wegner[2]) isolirte angeblich Dextran (nach dem Kochen mit Säuren) also denjenigen Körper, den Leuconostoc[3]) aus Trauben- und Rohrzucker (auch aus Lävulose?) zu bilden vermag. Nach Hessenland (a. a. O.) handelt es sich jedoch bei Wegner nicht um Dextran, sondern lediglich um Hefegummi.

Mit Chloroformwasser digerirte Hefe gibt an dasselbe nach E. Salkowski[4]) „links-drehenden gährungsfähigen Zucker ab, der wahrscheinlich mit Lävulose identisch ist".[5]) (Näh. siehe Zeitschr. f. phys. Chem. 13 S. 506 u. f.)

Von allen Kohlehydraten gebührt aber, was das physiologische Interesse angeht, dem Hefeglykogen die erste Stelle. Von Errera wurde es in der Hefezelle entdeckt, wenn auch nicht rein isolirt. Das Letztere scheint neuerdings E. Salkowski[6]) durch fractionirtes Ausziehen mit Kalilauge und Wasser gelungen zu sein. Doch steht die genauere Beschreibung noch aus.

---

1) Ueber die Zusammensetzung des Hefegummis. Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie d. deutschen Reiches. Bd. 42 (N. F. 29) 1892, S. 671.

2) Darstellung des Dextran aus Hefe. Zeitschr. des Vereins f. d. Rübenzuckerindustrie des deutschen Reiches, 1890, Bd. 40 N. F. 27 S. 789.

3) Liesenberg, C. u. W. Zopf, Ueber d. sog. Froschlaichpilz (Leuconostoc) der europäischen Rübenzucker- und der javanischen Rohrzuckerfabriken. Beitr. zur Physiol. u. Morph. niederer Organismen. Herausgeg. von W. Zopf. Heft I, 1891. Nachtrag Heft II, Leipzig 1892; citirt nach Koch's Jahresber. 1892, S. 89.

4) Du Bois-Reymond's Archiv 1890, S. 554.

5) Möglich, dass hier ein Irrthum vorliegt. Ein von mir bereiteter Chloroformwasserauszug aus frischer ausgewaschener Bierhefe drehte nach ca. 20 Stunden rechts, bei fernerem Digeriren am vierten Tage links. Diese Linksdrehung nahm bei der Gährung zu, während die Flüssigkeit nunmehr Fehling-sche Lösung nicht mehr reducirte. Der Auszug gab die Pentosanreaction mit Phloroglucin und Salzsäure.

6) Ber. d. d. chem. Ges. Bd. 27 S. 499.

Für die Darstellung dürfte sich übrigens empfehlen, die Hefe mit Bergkrystallpulver zu zerreiben[1]), da das Hefeglykogen die Zellmembranen sehr schwer passirt.

Aus dem, was von den chemischen Eigenschaften dieses Körpers bisher bekannt geworden ist, und soweit meine eigenen Versuche reichen, kann es sich kaum um etwas anderes als um ein Anhydrid des Traubenzuckers handeln, obschon der strenge Beweis durch quantitative Inversion der reinen Substanz noch nicht vorliegt. Ich nehme dies in Uebereinstimmung mit Errera und Laurent für die folgenden Zeilen als gegeben an, zumal die Annahme in dem physiologischen Experiment selbst die stärkste Begründung findet.

Sehr reichlich findet sich das Hefeglykogen in der frischen Bierhefe. Die Hefezellen färben sich dann mit verdünnter Jodjodkaliumlösung intensiv dunkelbraun.[2]) Ueberlässt man die Hefe der Selbstgährung, so verschwindet die Fähigkeit, sich rothbraun zu färben. Die Carenzhefe wird nur mehr schwach gelb gefärbt. Bringt man nun aber solche Carenzhefe mit ziemlich concentrirten (5—10 %) Lösungen von Traubenzucker, Rohrzucker, Lävulose in Berührung, so tritt alsbald intensive Hefeglykogenreaction auf. Bei Traubenzucker in 3 bis 4 Stunden.

Die Lävulose wird also leicht durch die Hefenzelle in Dextrose verwandelt, wenigstens ist das die einfachste Erklärung des Vorganges. Es liegt die Frage nahe: Ist die Umwandlung in Dextrose resp. Hefeglykogen nicht überhaupt die conditio sine qua non für die Vergährbarkeit der Lävulose? Und wenn diese Frage bejaht werden sollte (ich halte sie zum mindesten für eminent diskutabel), ist nicht überhaupt die Probe auf Vergährbarkeit eines Zuckers identisch mit der Probe auf leichte Umwandlungsfähigkeit durch Zellen, hier die Hefezellen, in Traubenzucker resp. Hefeglykogen.

Indem ich möglichst ausgewaschene Carenzhefe, die nur mehr vereinzelte deutlich glykogenhaltige Zellen enthält, mit Lösungen von

1) Marie Mannassein, Beitr. zur Kenntniss der Hefe und zur Lehre von der alkoholischen Gährung in Mikrosk. Untersuch. von Julius Wiesner. Stuttgart 1872, S. 116.

2) Vergl. H. Will, Die Hefenzelle, deren Aussehen und Beschaffenheit in den verschiedenen Stadien der Entwicklung und des Zerfallens unter dem Mikroskop. Allgem. Brauer- u. Hopfenztg. 1892, S. 1088.

d-Galaktose[1]) und d-Mannose[2]) behandelte, erzielte ich in ein bis zwei Tagen analoge Bilder wie nach der Behandlung mit Traubenzuckerlösungen, d. h. reichliche Vermehrung der Anzahl der glykogenhaltigen Zellen, während ich dieselben Bilder durchaus nicht z. B. mit Arabinoselösungen, wohl aber natürlich mit Mischlösungen von Arabinose und Traubenzucker zu erzielen vermochte.

Negativ verhielten sich ferner bisher Rhamnose, Sorbose, Glycerin, Milchzucker, Leberglykogen, d. h. ich konnte bisher mit diesen Körpern keine den obigen Bildern vergleichbaren, unter denselben Bedingungen erzielen. (Ausgewaschene Carenzhefe, reine Lösung der Stoffe, 2—3tägiges Stehen im Thermostaten bei ca. 28° C.)

Die zahlreichen Bedenken, die man gegen die Deutung meines Fundes erheben kann, zwingen mir natürlich für meine Schlüsse äusserste Reserve auf.

Es hat E. Laurent für eine Reihe von Stoffen in anderer Versuchsanordnung den Beweis der Hefeglykogenbildung erbracht, die wir für gewöhnlich nicht als gährungsfähig zu betrachten pflegen, doch scheint es sich dabei nicht um relativ glatte Processe, sondern um langsam sich abspielende und complexere Vorgänge zu handeln. So erscheint beim Glycerin z. B. die Anwesenheit freien Sauerstoffs erforderlich (intermediäre Oxydation zu Glycerose?).

Sollte sich meine Vermuthung erweisen lassen, so wäre der Zusammenhang zwischen Gährfähigkeit und Beeinflussung der Leberglykogenbildung dem Verständnisse etwas näher gerückt. Es würde sich eventuell im Grunde um völlig analoge resp. identische Vorgänge handeln.

Doch will ich hier nicht schematisiren. Wird doch z. B. wohl d-Mannose[3]), nicht aber d-Galaktose[4]) von einer Reincultur von Saccharomyces apiculatus vergohren. Da angegeben wird, dass

1) Geschenk des Hrn. Prof. F. Soxhlet.

2) Von C. A. F. Kahlbaum als Mannose aus dem Hydrazon bezogen. Auch ein selbst dargestelltes Präparat ergab positives Resultat.

3) Cremer, a. a. O. S. 525.

4) Fritz Voit, Ueber das Verhalten der Galaktose beim Diabetiker. Zeitschrift f. Biol. Bd. 29 S. 149.

d-Galaktose bei Gegenwart von d-Glucose leichter vergähre[1]), so wog ich 2,35 g käufliche Galaktose und 2,5 g Traubenzucker in ein Kölbchen, gab Nährlösung zu und impfte nach dem Sterilisiren mit Saccharomyces apiculatus.

Es trat Gährung ein. Nach etwa einem Jahre machte ich die Reductionsbestimmung und fand 2,15 g Galaktose wieder. Saccharomyces apic. scheint also auch unter den denkbar günstigsten Bedingungen d-Galaktose nicht oder kaum zu vergähren.

Dieses total verschiedene Verhalten von anderen Hefearten[2]) warnt vor zu weit gehenden Verallgemeinerungen[3]).

Fasse ich möglichst kurz einmal das Gefundene und sodann das nur hypothetisch Vermuthete zusammen, so ergeben sich die beiden Sätze:

„In der Beeinflussung der Hefeglykogenbildung unterscheiden sich nach meinen bisherigen Versuchen die gährenden Zuckerarten typisch von allen anderen Stoffen" und

„Es gibt nur einen einzigen wahrhaft gährungsfähigen Stoff" (Traubenzucker oder Derivat desselben?).

Zum Schlusse bleibt mir noch die angenehme Pflicht, einigen Herren, die mich bei meinen Untersuchungen ausserhalb des physiologischen Institutes unterstützt haben, meinen besten Dank auszusprechen.

Herr Dr. H. Will überliess mir seine literarischen Notizen zur Einsicht und führte mich in die Technik der Hefeuntersuchung ein, Herr Professor Dr. Aubry gestattete mir für diesen Zweck das Arbeiten in den Laboratoriumsräumen der hiesigen wissenschaftlichen Versuchsstation für Brauerei. Herr August Pschorr überliess mir wiederholt bestes Hefegut der Pschorrbrauerei.

---

1) Vergl. Em. Bourquelot, Sur la fermentation alcoolique du galactose. Compt. rend. 106 S. 283, 1888.

2) W. E. Stone u. B. Tollens, Gährungsversuche mit Galaktose, Arabinose, Sorbose und anderen Zuckerarten. Lieb. Ann. 249 S. 265.

3) Man denke auch daran, dass es Milchzucker vergährende Hefe gibt. Nach J. M. Schnurmans Stekhofen (Koch's Ber. 1891 S. 136) bewirkt dies Saccharomyces Kefyr nicht etwa infolge vorhergehender Spaltung durch Ferment.

Beiträge zur Kenntniss der pflanzlichen Eiweissstoffe.

Von

W. Palladin,

Professor der Physiologie der Pflanzen an der Universität Charkow.

(Aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg.)

Weyl hat in seiner werthvollen Arbeit[1]) gezeigt, dass die pflanzlichen Globuline nach ihrem Verhalten zu NaCl-Lösung in zwei Gruppen zerfallen. Das Pflanzen-Vitellin ist in NaCl-Lösung jeder Concentration löslich. Die neutrale NaCl-Lösung dieses Eiweissstoffes coagulirt bei 75° In die zweite Abtheilung gehört das Pflanzen-Myosin. Es wird beim Eintragen von NaCl-Stücken in seine neutrale Lösung gefällt. Die neutrale Lösung des Myosins coagulirt bei 55—60°.

Ausser den Pflanzen-Globulinen konnte Vines[2]) noch eine Albumose nachweisen. Martin[3]) hat eine dritte Globulin-Substanz gefunden, welche mit Pflanzen-Myosin übereinstimmt, aber bei 73° coagulirt. Er bezeichnet sie als Paraglobulin. Martin unterscheidet auch zwei Pflanzen-Albumosen: α- Phytalbumose, die in NaCl-Lösung jeder Concentration löslich ist, und β- Phytalbumose, die beim Eintragen von NaCl-Stücken in ihre Lösungen gefällt wird.

1) Weyl, Beiträge zur Kenntniss thierischer u. pflanzlicher Eiweisskörper. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 1, 1877.

2) Vines, Proceedings of the Royal Society of London, Bd. 28 S. 218, 1879; Bd. 30 S. 387, 1880; Bd. 31 S. 59, 1881. Journ. of Physiol. Bd. 3 No. 2.

3) Martin, Journ. of Physiol. Bd. 6 S. 336. Proceedings of the Royal Society of London, Bd. 42 S. 331, 1887.

Nach Martin findet sich in den Pflanzen in geringer Menge auch Albumin. In letzter Zeit haben Vines und Green[1]) ein neues Pflanzen-Albumin mit den Eigenschaften des Serum-Albumins gefunden. Endlich haben Green[2]), Osborne und Voorhees[3]) noch eine Reihe Pflanzeneiweissstoffe beschrieben.

Alle genannten Eiweissstoffe sind sehr unvollkommen untersucht. Dialyse, Kochen und Sättigen mit Steinsalz, waren fast die einzigen Methoden für die Trennung der verschiedenen Eiweissstoffe von einander. Trotzdem existiren keine Versuche, weder über vollkommene quantitative Ausscheidung der untersuchten Eiweissstoffe durch diese Methoden, noch über Einwirkung verschiedener in den Pflanzen vorkommender Substanzen auf das Verhalten der Eiweissstoffe. Um einigermassen diese Lücken auszufüllen, unternahm ich die folgende Arbeit.

I. Pflanzen-Vitellin.

Die Samen der gelben Lupinen (Lupinus luteus L.) sind das beste Object für die Untersuchung des Vitellins. Die pulverisirten Samen geben an eine Lösung von NaCl 10 %, oder besser von NH_4Cl 15 %, Vitellin ab, welches sich während des Dialysirens nach 2 Tagen stets als gummiartige Masse am Boden des Pergamentschlauches ausscheidet. Die Substanz eignet sich gar nicht zum Sammeln auf dem Filter. Man reinigt die gewonnene Masse durch Auswaschen und Auspressen zwischen den Händen unter einem Wasserstrom, oder auch durch Lösen in NaCl 10 % und Fällen mit Wasser. Die Lösung reagirt sauer. Die Substanz ist in NaCl-Lösung jeder Concentration löslich und wird durch Uebersättigen mit NaCl nicht gefällt. Weyl hat schon gezeigt, dass Vitellin, das aus NaCl-Lösungen durch Wasser gefällt ist, sich anfangs in den Lösungen neutraler Alkalisalze vollständig auflöst. Später geht es aber durch die Berührung mit Wasser in einen unlöslichen Zustand über und löst sich dann nur in verdünnter HCl und in Sodalösung von 1 %.

1) Vines and Green, Proceedings Royal Society, Bd. 52 S. 130, 1893.
2) Green, Proceedings Royal Society, Bd. 40 S. 28, 1886.
3) Osborne and Voorhees, Americ. Chem. Journ., Bd. 15 S. 392, 1893.

Beim Kochen der NaCl-Lösung fällt die Coagulation stets mehr oder weniger unvollkommen aus. In dieser Beziehung ist das Pflanzen-Vitellin sehr ähnlich der von Kühne und Chittenden entdeckten Heteroalbumose.[1]) Die Menge des Coagulats hängt von dem Verhältnis des Vitellins zu dem angewandten NaCl ab, weniger von der Concentration des Salzes; denn sowohl 3-, 5-, 10-, 20procentige NaCl-Lösungen coaguliren in der Hitze mit fast gleicher Deutlichkeit, wenn sie nur nahezu mit Vitellin gesättigt waren, dagegen bleiben sie beim Kochen und selbst nach dem Abkühlen fast klar, wenn sie vorher mit einer grossen Menge NaCl-Lösung verdünnt worden sind. Nach Abfiltriren des Niederschlages erkennt man an der Fällbarkeit des Filtrates durch NO_3H, dass eine grosse Menge des Vitellins trotz deutlich saurer Reaction der Flüssigkeit in Lösung bleibt. Bei gewisser Concentration bleibt die Lösung nach dem Kochen klar und nach dem Abkühlen bekommt man statt Flocken nur eine gallertartige Masse, die in der Hitze vollkommen gelöst wird, beim Abkühlen aber wieder erscheint. In dem sauren Filtrate kann man, nach Abfiltriren des Coagulats, durch Ansäuern mit schwacher Essigsäure und Kochen noch einen Niederschlag bekommen. Diese Operation kann man einige Male wiederholen. Aber nach Zusatz einer grossen Menge Essigsäure, geht das Vitellin beim Kochen in Syntonin über und gibt jetzt kein Coagulum. Nahezu vollkommene Ausscheidung des Vitellins beim Kochen bekommt man nur aus sehr schwachen NaCl-Lösungen, in welchen reines Vitellin sehr schwer löslich ist. Das Hitze-Coagulum ist löslich in verdünnten Alkalien und unlöslich in verdünnter HCl und Sodalösung von 1%. Nach Osborne und Voorhees[2]) gibt Vitellin aus Weizenmehl beim Kochen einen nur sehr unbedeutenden Niederschlag, während die grösste Menge in der Lösung bleibt. Die Ursache dieser Erscheinung liegt selbstverständlich darin, dass das Vitellin in zu grosser Menge der Salzlösung gelöst war.

Die Coagulations-Temperatur liegt nach Weyl bei 75°. In der That gibt eine neutralisirte Lösung des Vitellins Flocken bei

---

1) Kühne und Chittenden, Zeitschr. f. Biol., Bd. 20 S. 32, 1884.

2) Osborne and Voorhees, Americ. Chem. Journ. Bd. 15 S. 411, 1893.

74—75°. Die Coagulations-Temperatur der schwach sauren Lösungen liegt etwas niedriger — bei 70°. Trübungen bekommt man schon bei 50°. Erhitzen der verdünnten Vitellin-Lösungen über 75° bis zum Kochen gibt keine neue Flocken mehr, indem die grösste Menge des Vitellins in Lösung bleibt. Aber Erhitzen der fast gesättigten Vitellin-Lösungen über 75° gibt allmählich immer neue Flocken, die sich nach dem Kochen und Abkühlen in Form eines voluminösen Niederschlages abscheiden. Auch in diesem Falle bleibt jedoch eine grosse Menge des Vitellins nach dem Kochen in Lösung. Das Vitellin wurde aus der 10-procentigen NaCl-Lösung mit Alkohol gefällt. Der Niederschlag wurde einen ganzen Monat unter Alkohol aufbewahrt, dann abfiltrirt, abgepresst und noch feucht in 10-procentiger NaCl-Lösung gelöst. Mehr als die Hälfte des Niederschlages ging in Lösung. Diese Lösung zeigt alle Reactionen des Vitellins. Der unlöslich gebliebene Theil wurde nicht untersucht. Ein Theil des Niederschlages war vorher getrocknet. Trockene Stücke, in NaCl-Lösung suspendirt und angequollen, lösten sich sehr langsam. Dann wurde ein Theil der Vitellin-Lösung gekocht, abgekühlt, von dem gewonnenen Niederschlage abfiltrirt und mit Alkohol gefällt. Der Niederschlag wurde einen ganzen Monat unter Alkohol aufbewahrt und dann in NaCl-Lösung fast ohne Rückstand gelöst. Die Lösung zeigte alle Reactionen des Vitellins, nur keinen Niederschlag beim Kochen. Aus diesen Versuchen folgt, dass Vitellin unter Alkohol allmählich seine Löslichkeit verliert, jedoch sehr langsam. Der Alkohol-Niederschlag ist theilweise auch in destillirtem Wasser löslich, weil der Alkohol auch Kochsalz mitfällt.

Die NaCl-Lösung des Vitellins wird durch HNO_3 weiss gefällt. Die Eigenschaften des Niederschlages hängen sowohl von der Concentration der NaCl-Lösung ab, als auch von der Menge der angewandten Salpetersäure. Die stark mit Wasser verdünnte NaCl-Lösung des Vitellins wird durch die ersten Säuretropfen nicht verändert, durch neue Tropfen gefällt, beim Umschütteln zunächst wieder klar, und dann von jedem neuen Säuretropfen wieder gefällt. Dieser Niederschlag ist in der Hitze vollkommen löslich, kommt jedoch beim Abkühlen wieder in Form von weisser, gallertiger Masse. Ammoniak verändert die Farbe der Gallerte nicht. Mehr HNO_3

erzeugt Fällung, die in der Hitze nur theilweise gelöst wird, beim Abkühlen jedoch in Form gelber Flocken wieder kommt, die mit Ammoniak gute Xanthoproteïn-Reaction geben. Hingegen wird Vitellin in concentrirter NaCl-Lösung schon durch die ersten Säuretropfen gefällt. Der Niederschlag verschwindet beim Umschütteln oder Kochen nicht, löst sich aber nach Zufügen von Wasser sehr rasch. Mehr HNO_3 erzeugt Fällung, die nach Zufügen von Wasser unveränderlich bleibt.

Die stark mit Wasser verdünnte NaCl-Lösung des Vitellins wird schon durch einen Tropfen Essigsäure stark getrübt. Die Trübung verschwindet nicht beim Umschütteln. Aber die concentrirte NaCl-Lösung wird durch die ersten Säuretropfen getrübt, beim Umschütteln zunächst wieder klar, und dann von neuen Säuretropfen wieder gefällt. Mehr Essigsäure löst die Fällung von Neuem. Der Niederschlag ist in der Hitze vollkommen löslich, kommt aber wieder beim Abkühlen. Mit Essigsäure angesäuert, wird die Lösung durch wenig Ferrocyankalium gefällt.

Sehr verschieden verhält sich die Vitellin-Lösung auch zu Mercurichlorid. Die 10-procentige NaCl-Lösung wird von Sublimat nicht gefällt, dagegen wird stark mit Wasser verdünnte Vitellin-Lösung von Sublimat stark gefällt. Diese Fällung ist vollkommen löslich in Kochsalz-Lösung (10 %).

Mit Natronlauge und wenig verdünntem Kupfersulfat entsteht eine schön rothviolette Färbung, die sog. Biuretreaction, was Neumeister[1]) schon gezeigt hat. Kupfersulfat und basisches Bleiacetat und Alkali erzeugen starke Fällungen. Durch Kochen mit Bleiacetat und Alkali entsteht starke Schwärzung von PbS_2. Neutrales Ammonsulfat fällt das Vitellin. Beim Sättigen mit NaCl und $MgSO_4$ scheidet sich das Vitellin aus, aber sehr unvollkommen. Das von mir untersuchte Vitellin war immer etwas unrein: oxalsaures Ammoniak, Chlorbarium und Soda erzeugten immer mehr oder weniger starke Trübungen. Das Vitellin aus Samen der Vicia Faba L. und Sinapis nigra L. ist ganz ähnlich dem Vitellin aus Lupinen.

---

1) Neumeister, Zeitschr. f. Biol., Bd. 23 S. 404, 1887.

Alle beschriebenen Eigenschaften des Vitellins zeigen, dass es eine mittlere Stellung zwischen den Globulinen und Albumosen einnimmt. Pflanzen-Vitellin ist eine Albumose mit einigen Eigenschaften des Globulins.

II. Kalkverbindung des Vitellins.

Ausser dem Pflanzen-Vitellin konnte Weyl in NaCl-Auszügen der Samen verschiedener Pflanzen noch eine zweite Globulin-Substanz nachweisen, welche in allen bekannten Reactionen mit dem Myosin der quergestreiften Muskeln übereinstimmt. Er bezeichnet sie vorläufig als Pflanzen-Myosin. Die von mir angestellten Versuche zeigen auf's deutlichste, dass Pflanzen-Myosin einfach eine Kalkverbindung des Vitellins ist.

1. Während des Dialysirens des NaCl-Auszuges vom Samen der Sinapis nigra scheidet sich nach 2 Tagen eine gummiartige Masse aus, die in 10 % NaCl-Lösung löslich ist. Trägt man jetzt in die klare Lösung Steinsalz-Stückchen bis zur Sättigung ein, so erhält man einen flockigen Niederschlag. Das Filtrat von diesem Niederschlag gibt mit oxalsaurem Ammoniak nur sehr schwache Trübung. Der Niederschlag ist in 10 % NaCl-Lösung nur zum Theil löslich. Der unlöslich gebliebene Theil zeigt keine Eiweiss-Reactionen und gibt, in Essigsäure gelöst, mit oxalsaurem Ammoniak einen starken Niederschlag. Dieser unlösliche Rückstand besteht zum grossen Theile aus einem „unbekannten, stickstoffhaltigen Körper", dessen Eigenschaften ich unten beschreiben werde. Das Filtrat vom unlöslichen Rückstande zeigt alle Reactionen der Eiweissstoffe, gibt starken Niederschlag mit oxalsaurem Ammoniak, Flocken beim Sättigen mit Steinsalz, und coagulirt bei 60°.

2. Der 10 % NaCl-Auszug der Samen von Sinapis nigra wurde mit oxalsaurem Ammoniak versetzt und von dem entstandenen Niederschlage abfiltrirt. Das angesäuerte Filtrat zeigte beim Sättigen mit Steinsalz-Stücken nur Trübung und gab keinen Niederschlag beim Erwärmen bis 60°. Derselbe Auszug, aber ohne oxalsaures Ammoniak, gab sowohl beim Sättigen mit Steinsalz, als auch beim Erwärmen bis 60° starke Niederschläge.

3. Während des Dialysirens des NaCl-Auszuges vom Samen des Lupinus luteus schieden sich nach 2 Tagen Eiweissstoffe aus, die in NaCl-Lösung gelöst wurden. Die Lösung wurde mit oxalsaurem Ammoniak versetzt und von dem entstandenen Niederschlage abfiltrirt. Das Filtrat gibt beim Eintragen von Steinsalz keine Trübung und zeigt beim Erwärmen bis 60° nur schwache Opalescenz. Derselbe Auszug ohne oxalsaures Ammoniak, zeigt kleine Niederschläge sowohl mit Steinsalz, als auch beim Erwärmen bis 60°.

4. Die Menge der Kalkverbindung des Vitellins in NaCl-Auszügen von Samen des Lupinus luteus, der Vicia Faba und Sinapis nigra ist gerade proportional der Menge des in diesen Auszügen befindlichen Kalkes. In Senf-Auszügen ist dieser Körper[1]), wie auch Kalk besonders reichlich vorhanden.

Aus diesen Versuchen folgt, dass ein Pflanzen-Myosin als besonderer Eiweissstoff nicht existirt. A. Danilewsky[2]) konnte schon früher aus einigen Eiweissstoffen künstliche Kalkverbindungen mit Myosineigenschaften darstellen.

Die Existenz des von Martin entdeckten Paraglobulins ist für mich äusserst zweifelhaft. Nicht ohne Interesse ist es, zu bemerken, dass Weyl in den Pflanzen nur Myosin findet, Martin aber immer nur Paraglobulin. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Ursache dieses Widerspruches nur in den verschiedenen Versuchsmethoden liegt.

III. Pflanzen-Albumosen.

Einige Physiologen behaupten, dass in den Pflanzen auch wasserlösliche Pflanzen-Albumosen existiren. Vines[3]) gibt eine Methode zur Darstellung solcher Albumosen an. Auf Grund meiner Untersuchungen über die Eigenschaften des Vitellins bin ich zu dem Resultat gekommen, dass seine Methode nicht brauchbar ist. Vines gebraucht den Wasser-Auszug der Samen. Da die Samen immer eine grosse Menge von Mineralsubstanzen enthalten, so ist Vines' Wasser-Auszug in der That ein Salz-Auszug. Ich konnte

1) Weyl, a. a. O. S. 97.

2) A. Danilewsky, Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 5 S. 183, 1881.

3) Vines, Journal of Physiol., Bd. 3 No. 2.

mich vielfach überzeugen, dass Wasser-Auszüge der Samen eine ganze Menge Vitellin enthalten. Nach dem Kochen bleibt immer ein grosser Theil des Vitellins in Lösung. Beim Fällen mit Alkohol behält das Vitellin seine Löslichkeit auch in destillirtem Wasser, weil der Alkohol Mineralsubstanzen mitfällt. Nach der Methode von Vines kann man aus NaCl-Lösungen des reinen, frischbereiteten Vitellins eine wasserlösliche Albumose gewinnen.

Die Methode des langen Dialysirens der Pflanzen-Auszüge ist auch nicht einwurfsfrei. Erstens bekommt man beim Dialysiren der Pflanzen-Auszüge sehr bald Fäulnisserscheinungen. Zweitens muss die Dialyse bis zum Verschwinden des Lösungsmittels aus dem Pergamentschlauche fortgesetzt werden. Verschiedene Salze verschwinden jedoch mit verschiedener Geschwindigkeit: so gehen NH_4Cl und NaCl sehr rasch ab, $MgSO_4$ aber langsam. Nach dem Verschwinden des Lösungsmittels jedoch wissen wir noch nicht, ob die verschiedenen Salze aus den Pflanzen, die im Auszuge sich befanden, auch verschwunden sind, oder nicht. Leider haben wir keine bessere Methode zum Ausscheiden der Albumosen aus den Pflanzen, als die Dialyse.

Um die Frage über die Existenz der wasserlöslichen Pflanzen-Albumosen zu entscheiden, unternahm ich folgende Versuche. 10 % NaCl-Auszüge der gelben Lupinen dialysirte ich 3 Tage, versetzte das Filtrat von dem ausgeschiedenen Vitellin mit 3 Volumen destillirten Wassers und leitete CO_2 ein. Es schied sich dann noch eine verschwindend kleine Menge Vitellin aus. Dieses Filtrat kochte ich, wobei ein neuer, sehr schwacher Niederschlag entstand (Albumin oder auch Vitellin?), filtrirte es ab, dampfte die Flüssigkeit bis zu einem kleinen Volumen ein und fällte sie mit Alkohol. Man bekommt nur einen, im Vergleich mit der Menge des gewonnenen Vitellins, unbedeutenden Niederschlag, der in Wasser sich sehr gut löst. Ferner bemerkt man einen grossen Unterschied in den Reactionen beim Vergleich der Wasser-Lösungen der dargestellten Substanz mit den NaCl-Lösungen des Vitellins. Aber um den wirklichen Unterschied zu entdecken, muss man unter denselben Bedingungen vergleichen. Die Wasser-Lösung der sogenannten Albumose zeigt dieselben Reactionen, wie Vitellin in stark mit Wasser

verdünnter Lösung nur mit einer Ausnahme: Essigsäure gibt in der Albumose-Lösung keine Trübung, in sehr verdünnten Lösungen des Vitellins aber starke Trübung. Ausserdem erzeugen Soda, Chlorbarium und oxalsaures Ammoniak in den Albumose-Lösungen starke Fällungen, ein Umstand, der beweist, dass die dargestellte Substanz sehr unrein ist. Aus den Samen der Vicia Faba und Sinapis nigra konnte ich auch dieselbe fragliche Albumose in geringer Menge bekommen.

Auf Grund dieser Versuche komme ich zu der Ansicht, dass die Anwesenheit einer wasserlöslichen Albumose in den Samen noch nicht sicher bewiesen ist. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es gewöhnliches Vitellin ist, welches im Pergamentschlauche in Form einer sehr stark verdünnten Lösung zurückgeblieben ist in Folge der Anwesenheit der in geringer Menge vorhandenen Mineralsalze; beim fortgesetzten Abdampfen wurde das Vitellin etwas verändert.

In verschiedenen Stadien der keimenden gelben Lupinen konnte ich in Uebereinstimmung mit Vines[1]) nur Vitellin und etwas von der oben genannten fraglichen Albumose finden.

Der Wasser-Auszug aus keimenden Bohnen (Vicia Faba L.) zeigt mit Chlor- und Bromwasser keine Tryptophan-Reaction. Dieselbe Reaction ist für keimende gelbe Lupinen nicht anwendbar, weil das Pigment selbst mit Chlorwasser eine schöne rosa Farbe hervorbringt.

IV. Einige nicht-eiweissartige Substanzen aus NaCl-Auszügen der Samen.

NaCl-Lösung extrahirt aus Samen ausser Eiweissstoffen noch eine ganze Menge anderer Substanzen. Einige von diesen Substanzen wirken beim Arbeiten mit Eiweissstoffen sehr störend. Besondere Aufmerksamkeit verdient eine „unbekannte, stickstoffhaltige Substanz", die von mir leider zu wenig untersucht wurde. In den Samen der Sinapis nigra ist dieser Körper besonders reichlich vorhanden. Um diese Substanz zu gewinnen, kochte ich den NaCl-Auszug der Senfsamen, kühlte ihn gut ab, filtrirte von den coagu-

1) Vines, Journal of Physiol., Bd. 3 No. 2. — Halliburton, Lehrbuch d. chem. Physiol. u. Pathol. Deutsch, Heidelberg 1893, S. 684.

lirten Eiweissstoffen ab und kochte das gewonnene Filtrat wieder. Man erhält nun einen voluminösen Niederschlag, der beim Abkühlen gänzlich verschwindet, beim Kochen wieder erscheint u. s. w. Dieser Niederschlag ist kein Eiweissstoff, sondern eine „unbekannte stickstoffhaltige Substanz". Um diesen Körper in reinerem Zustande zu bekommen, kocht man das Filtrat von den coagulirten Eiweissstoffen und sammelt den gewonnenen Niederschlag auf einem heissgehaltenen Filter, wäscht ihn anfangs mit kochender 10procentiger Kochsalz-Lösung, dann mit kochendem, destillirtem Wasser und trocknet ihn. Die so erhaltene, weisse pulverförmige Substanz ist in Wasser und Alkalien unlöslich, in verdünnten Säuren leicht löslich. Nach längerem Kochen mit schwacher H_2SO_4 reducirt diese Substanz alkalische Kupferlösung nicht. Eine Lösung in schwacher Essigsäure gibt folgende Reactionen: Beim Kochen mit HNO_3 tritt keine Veränderung ein, nach Zufügen von NH_3 aber bildet sich ein weisser, flockiger Niederschlag; also keine Xanthoproteïnreaction. Millons Reagens erzeugt auch nur weisse Fällung; mit oxalsaurem Ammoniak entsteht starke Fällung von oxalsaurem Kalk. Kupfersulfat, Chlorbarium, salpetersaures Silber, essigsaures Blei, Soda und Natronlauge erzeugen starke Fällungen. Sublimat und Ferrocyankalium geben nichts.

Beim Schmelzen mit Aetzkali bekommt man Bläuung des feuchten, darübergehaltenen Lackmuspapieres, weissen Nebel mit Salzsäure und Geruch nach Indol.

Erwärmen der Lösung in schwacher Essigsäure bewirkt Trübung bei 40°, Niederschlag bei 60° (also wie bei sogenanntem Pflanzen-Myosin), der bis 70° sich allmählich verstärkt. Mit einer Lösung in sehr schwacher Essigsäure bekommt man eine Trübung schon bei 37°. Erwärmen der Lösung in ziemlich starker Essigsäure gibt keinen Niederschlag, auch nicht beim Kochen. Da es sehr schwierig ist, bei der Dialyse ganz reine Eiweissstoffe ohne mehr oder weniger grosse Beimischung dieser unbekannten Substanz zu gewinnen, so muss man bei Bestimmungen der Coagulations-Temperatur der Eiweissstoffe sehr vorsichtig sein, um nicht statt eines Eiweiss-Coagulums einen Niederschlag von dieser Substanz zu erhalten.

Beim Sättigen der Vitellin-Lösungen mit NaCl wird diese Substanz mit der Kalkverbindung des Vitellins niedergeschlagen.

Diese Substanz habe ich in den Samen des Lupinus luteus, der Vicia Faba und Sinapis nigra gefunden; es ist also sehr wahrscheinlich, dass sie eine grosse Verbreitung hat.

Soda erzeugt in NaCl-Auszügen aller drei von mir untersuchten Samen-Arten voluminöse Niederschläge, die aus der „unbekannten, stickstoffhaltigen Substanz", Kalk- und Magnesiasalzen bestehen.

Chlorbarium erzeugt in NaCl-Auszügen der Samen auch starke Fällungen.

Verschiedene Beimischungen haben eine starke Einwirkung auf die Eigenschaften der Eiweissstoffe. Zum Beispiel, bleibt in gekochten und filtrirten NaCl-Auszügen der Samen von Sinapis nigra noch eine grosse Menge der uncoagulirten Eiweissstoffe zurück. Sättigen mit Steinsalz bewirkt starken Niederschlag [1]), Essigsäure und Ferrocyankalium erzeugen fast keine Trübung in solchen gekochten Auszügen. Aber nach zweitägigem Dialysiren zeigt sowohl das ausgeschiedene Vitellin, als auch der in der Lösung bleibende Körper (Albumose?) beim Sättigen mit Steinsalz nur schwache Trübung und gibt gute Fällung mit Essigsäure und Ferrocyankalium. Green [2]) hat im Milchsafte verschiedener Apacinaeen und Sapotaceen Eiweissstoffe entdeckt, die mit Essigsäure und Ferrocyankalium keinen Niederschlag geben. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es sich in diesem Falle nicht um eine Eigenschaft der Eiweissstoffe handelt, sondern um die Einwirkung verschiedener Beimischungen.

Auf Grund meiner Arbeit komme ich zu folgenden Schlüssen:

1. Pflanzen-Vitellin hat viele Eigenschaften der Albumosen.
2. Pflanzen-Myosin ist nur eine Kalkverbindung des Vitellins.
3. Die Existenz einer wasserlöslichen Pflanzen-Albumose ist noch fraglich.
4. Die Pflanzen-Eiweissstoffe werden von einer noch „unbekannten, stickstoffhaltigen Substanz" begleitet.

---

1) Dieser Niederschlag wurde nicht untersucht.

2) Green, Proceedings Royal Society, Bd. 40 S. 28, 1886.

5. Die Zahl der bisher angenommenen Pflanzen-Eiweissstoffe ist grösser, als die Zahl der in den Pflanzen wirklich existirenden.

Zum Schlusse habe ich meinem verehrten Collegen, Herrn Prof. W. Kühne, dessen Erfahrung mir von vielem Nutzen war, meinen besten Dank auszusprechen.

April, 1894.

Ueber die Latenz der Muskelzuckung.

Von

Dr. med. Leon Asher,

Assistent am physiologischen Institut zu Bern.

(Aus dem physiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

(Mit Tafel II.)

Den Vorgang der Erregung des Muskels durch den Nerven aus dem Bereich der Hypothese zu einer durch experimentelle Thatsachen gestützten Vorstellung zu erheben, ist bisher noch ein unerfüllbarer Wunsch gewesen. Der einzige Einblick, den man glaubt gewonnen zu haben, ist die von Bernstein[1]) zuerst beobachtete Thatsache, dass der direct gereizte Muskel eine kürzere Latenz habe, als der vom Nerven aus erregte. Dieser auch von späteren Beobachtern bestätigten und mannigfach erörterten zeitlichen Differenz wurde der Name „die Erregungszeit der Nervenendorgane" beigelegt, wobei von vorneherein die Annahme gemacht wurde, dass der Erregungsvorgang sich im Endorgane aufhalte. Im Vergleich zu der unbedingten Wichtigkeit der Thatsache selbst, ist jedwede theoretische Folgerung zunächst secundärer Art.

Bernstein erhielt durch zwei verschiedene Methoden, die Messung der horizontalen Entfernungen der Curven im Wendepunkte und des zeitlichen Ablaufes der negativen Schwankung, übereinstimmend zu Gunsten der directen Reizung eine Differenz im Betrage

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1882 S. 329.

von 0,0031". Mit je einer dieser beiden Methoden hatten schon früher Sigmund Mayer[1]) und Jeo und Cash[2]) einschlägige Beobachtungen gemacht, ohne daraus den Anlass zu nehmen, der Sache näher auf den Grund zu gehen. Tigerstedt[3]), der sich den theoretischen Anschauungen Bernstein's anschliesst, war in der Lage, durch einige neue und bedeutsame Beobachtungen auch der thatsächlichen Grundlage Förderung angedeihen zu lassen: sowohl der curarisirte, wie der nicht curarisirte Muskel zeigte bei maximaler Reizstärke unveränderte Latenzdauer; bei nichtcurarisirtem Muskel treten bei schwächerer Reizstärke zuweilen maximale Zuckungen mit längerer Latenzdauer auf; die Zuckungen mittlerer und minimaler Höhe haben bei nichtcurarisirtem Muskel eine längere Latenzdauer wie gleich grosse Zuckungen beim curarisirtem Muskel. Lässt man die herkömmliche Anschauung von der entnervenden Wirkung des Curare unbeanstandet, so rechtfertigen allerdings diese Beobachtungen den Schluss, dass Reizung vom Nerven aus eine längere Latenzdauer bedinge. Als nicht unwesentlich mag jedoch hervorgehoben werden, dass nach seiner technisch denkbar zuverlässigen Bestimmungsart die specifische Latenzdauer nur 0,001" bis 0,002" beträgt. Einen ganz neuen und durch die anatomischen Verhältnisse sich sehr zwingend der Berücksichtigung empfehlenden Gesichtspunkt brachte in einer im hiesigen Institute entstandenen Arbeit Hoisholt[4]) vor. Wenn wirklich dem Muskel die kürzere Latenz zukommt, so musste am physiologisch nervenfreien Muskel diese Erscheinung am klarsten zum Ausdruck gelangen.

Das Entgegenkommen der Natur in dieser Beziehung gestattete, am Sartorius und Gracilis des Frosches Experimente anzustellen, die das Postulat der reinen Muskelerregung erfüllten. Hoisholt's sehr auffallendes Ergebniss war nun, dass bei Reizung in der Nähe des Hilus, in nervenreicher Muskelsubstanz, allerdings eine weit kürzere Latenz als bei Nervenreizung zum Ausdruck gelangte, dass aber bei Reizung der nervenfreien Muskeltheile nicht allein eine

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1868 S. 655.
2) Proceedings of the Royal Society of London, Bd. 33 S. 462.
3) Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1885, Suppl. S. 111.
4) Journal of Physiol. Bd. 6 S. 1.

gleich lange, sondern sogar vielfach eine längere Latenzperiode als bei Reizung des Nerven sich ergab. Ausserdem beobachtete er, dass die grösstmögliche Zuckungshöhe nicht durch indirecte, sondern durch die directe Reizung zu erhalten war, eine Thatsache, mit der jede Theorie der Erregungsarten des Muskels sich in Einklang zu setzen haben wird. Auf Grund der beobachteten Thatsachen war Hoisholt berechtigt, dem Muskel die kürzere Latenz abzusprechen; durch die Annahme, dass die kürzeste Latenz durch die Summation von Reizen der intramuskulären Nerven und des Muskels zu Stande käme, glaubte er eine dem Sachverhalt am meisten gerecht werdende Vorstellung gewonnen zu haben. Mit einer gewissen Schwierigkeit erscheint diese Theorie nur dadurch behaftet, dass sie über die Möglichkeit einer summirten Zuckung mit grösserer Hubhöhe, dadurch entstehend, dass zu der schon eingetretenen Erregung vom Nerven her noch die directe des Muskels hinzu kommt, keinerlei Aussage macht. Tigerstedt[1]) war in der Lage gewesen, durch die Annahme einer Summation in umgekehrter Reihenfolge eine ungewöhnlich grosse Hubhöhe bei gewisser Reizung ausreichend zu erklären.

Wie dem auch sei, jedenfalls verschoben die Beobachtungen von Hoisholt so sehr die Sachlage, dass eine erneute Prüfung sich nothwendig erwies. Dieselbe hat nun Boruttau[2]) angestellt; derselbe ist auf Grund seiner Ergebnisse zu dem Schluss gekommen, dass die ursprüngliche Annahme einer specifischen Erregungszeit der motorischen Nervenendigungen die richtige sei. Soweit seine Untersuchungen sich den von Hoisholt angestellten zuwenden, beruht das widersprechende Ergebniss vornehmlich auf zwei Thatsachen: 1. dass der supramaximal gereizte curarisirte Muskel dieselbe kurze Latenzzeit wie der direct gereizte nichtcurarisirte Muskel gegenüber dem indirect gereizten hat, 2. dass man die Bernstein-sche Zeitdifferenz auch finde, wenn man am parallelfaserigen Muskel indirect und an einem der nervenlosen Enden direct supramaximal reizt.

---

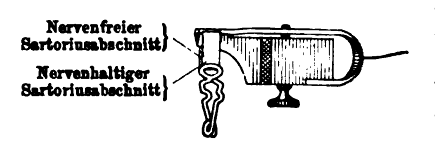
1) a. a. O.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1892 S. 454.

Diese beiden Beweisgründe sind nicht einwandsfreie. Wie schon oben angedeutet, können Ergebnisse am curarisirten Muskel nur mit der Einschränkung benutzt werden, dass die Art und Weise, wodurch das Curare die Wirkung vom Nervenstamm her abblendet, mehr oder weniger gleichgültig sei. Dies ist hier aber nicht der Fall; vielmehr käme es darauf an, mit aller Sicherheit zu wissen, welches Stück des intramuskulären Nervenverlaufes eigentlich ausgeschaltet wird. Dem zweiten Beweisgrunde gegenüber, der wichtiger ist, lässt sich ein principieller Einspruch erheben: der supramaximale Reiz lässt sich nicht auf das nervenfreie Ende beschränken. Das zeigte mir eine ganze Reihe eigens darauf gerichteter Untersuchungen. Quetscht man im Sartorius eine mehrere Millimeter betragende Strecke und reizt diesseits der Presse, so zuckt gleichzeitig das jenseitige Stück mit. Durchtrennt man den Muskel mit dem Messer und sticht die beiden Theile auf einem Korkplättchen mit Nadeln derart fest, dass sie frei herabhängen, so zucken gleichfalls selbst bei nicht mehr supramaximalem Reize beide Stücke.

Das Verlangen, auf noch einwandsfreierem Wege den Versuch zu machen, eine Entscheidung über die Latenzfrage zu erhalten, erscheint demnach berechtigt und schlug mir Herr Prof. Kühne vor, mit einer neuen Methode darauf einzugehen.

Aufgabe war es, ein nervenfreies und ein nervenhaltiges Muskelstück für sich getrennt zucken zu lassen und dabei jedes Stück unter den genau gleichen Bedingungen seine Curve schreiben zu lassen. Zu diesem Behufe wurde von Hrn. Mechaniker Runne in Heidelberg ein Apparat verfertigt, der als Sartoriushalter bezeichnet werden mag. Seine sehr einfache Construction ist aus der beigegebenen Zeichnung leicht ersichtlich.



Die Vorderfläche eines Hartgummiklötzchens verjüngt sich allmählich zu einem Vorsprung von der Form eines sehr dünnen Stäbchens. Der Vorsprung ist an seiner Oberfläche mit einer Riefe versehen und ist nach unten keilförmig abgestumpft, so dass er unten in eine Kante ausläuft. Von hinten unten her kommt ein metallener, stark federnder Bügel, dessen stabförmiges Ende in die soeben

beschriebene Rinne passt und durch eine Schraube fest in dieselbe gedrückt werden kann. Dieser Bügel dient auch als die eine Reizelectrode. An der in der Zeichnung schraffirten Stelle wird der Apparat von einer am Stativ befestigten Muskelklemme unverrückbar umfasst. Ueber den schmalen Vorsprung wurde nun der Sartorius dergestalt gelagert, dass zur einen Seite ausschliesslich das nervenfreie obere Ende herabhing, sodann der Bügel fest aufgeschraubt; der zur anderen Seite herabhängende nervenhaltige Muskelabschnitt wurde durch scharfen Schnitt auf die gleiche Länge wie der nervenfreie Theil gebracht. Die Länge des angewandten Muskelstückes betrug 5—7 mm, meist 5 mm; sowie bei der stets nach beendetem Versuch erfolgten Ausmessung die Länge von 7 mm überschritten war, wurde der Versuch verworfen. Der untere Rand des Muskelstückes wurde von einer kleinen und sehr leichten Serre fine aus Draht gefasst, die gleichzeitig als untere Reizelectrode diente und für beide Stücke benutzt wurde.

Um einen genau gleichen und möglichst geradlinigen Angriff am Schreibhebel zu erreichen, wurde ein oben sich gabelndes Aluminiumhäkchen verwendet. Der Schreibhebel aus vollem Rohr hatte eine Länge von 145 mm, der Angriffspunkt des Muskels war 30 mm von der Drehachse entfernt. Als Reizquelle wurde ein von 2 resp 1 Daniellelement gespeistes Schlitteninductorium gebraucht.

Als Registrirapparat empfahl sich wegen der Geschwindigkeit und der genauen Zeitaufschreibung das Schussmyographion. Wenngleich dasselbe in Bezug auf Genauigkeit hinter der von Tigerstedt gewählten Versuchsanordnung zurücksteht, so wird doch der geringe Fehler dadurch eliminirt, dass es sich nur um den Vergleich zweier Curven handelt. Zudem gestattete der vorzügliche Runne'sche Curvenanalysator Ablesungen von erheblicher Schärfe zu machen.

Weniger angenehm ist ein Missstand des Apparates, der eine recht grosse Anzahl von Curven mir unbrauchbar gemacht hat, nämlich alle diejenigen, die vor der Abhebung von der Abscisse eine kleine Senkung zeigen. Dieselbe hat nichts mit der von Gad[1]) erörterten zu thun, beruht vielmehr auf dem Umstande, dass die

1) Archiv f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1879 S. 250.

Feder nicht allein zusammengedrückt, sondern oft auch leicht nach oben (resp. auch nach unten) gebogen wird, so dass bei der Entspannung eine Senkung stattfindet, der die Platte mitfolgt. Die Zeitcurve — eine Wellenlänge betrug 0,00738 Secunden — wurde für jede einzelne Curve besonders aufgeschrieben. Durch einen unschwer zu erlernenden Druck von bestimmter Stärke auf die losschnellende Curbel hat man es meist in der Hand, dass die Wellen, wenigstens im Anfang, sich decken. Deckten sich die Curven nicht, so wurden sie nur unter der Bedingung mitgerechnet, dass die spätere Auswerthung nur eine Verschiebung ergab, ohne dass dadurch die Zeitverhältnisse merklich geändert wurden (s. Curve 4 und 9). Ein weiteres Haupterforderniss war, dass beide Curven von derselben Abscisse ausgingen; erwünscht, aber nicht unumgänglich nothwendig erschien es, dass auch die besonders gezogene Abscisse mit der Ausgangsabscisse zusammenfiel. Selbstverständlich wurden nur solche Curven verwerthet, die zum mindesten im Anfangstheil congruent waren, was ausserordentlich oft, ohne dass sich eine nachweisbare Ursache dafür angeben liesse, nicht der Fall war. Für die mannigfachen Misserfolge entschädigte aber der Erfolg bei der immerhin ausreichenden Anzahl von Curven, bei denen alle der obengenannten Bedingungen erfüllt waren. Ausnahmslos deckten sich in diesem Falle beide Curven im Anfangstheile, oft auch während weiter Strecken des übrigen Verlaufes. Hierdurch war schon das blosse Auge in den Stand gesetzt, sich zu überzeugen, dass die Curve des nervenhaltigen und des nervenlosen Muskelstückes zur gleichen Zeit sich abzuheben begann.

Als Beleg seien die neun besten Curven[1]) mitgetheilt, und zur näheren Erläuterung folgendes hinzugefügt: Jeder Muskel wurde mit wenigen Ausnahmen nur einmal benutzt und zwar zuerst der der linken Seite (Sart. I), dann der der rechten (Sart. II). Die Ausmessung des Rollenabstandes erfolgt von übereinander geschobenen Rollen aus.

(Siehe Tabelle auf S. 209.)

Bei der Kleinheit des arbeitenden Muskelstückes war die durch den Apparat an und für sich gegebene Belastung mehr wie aus-

1) Siehe Tafel II.

	Reizstärke	Latenz	Zuckungshöhe des nervenhaltig. nervenfreien Stückes		
1	2 Dan. Ueberein. Rollen	0,0141	8,5 mm		Sart. I
2	2 „ „ „	0,0195	4,0 mm	5,0 mm	„ II
3	1 „ 150 mm Roll. Abst.	0,0183	5,8 „	4,8 „	„ I
4	1 „ 150 „ „ „	0,0180	11,0 „	11,5 „	„ I
5	1 „ 160 „ „ „	0,0183	6 mm		„ I
6	1 „ 180 „ „ „	0,0189	5 „		„ I
7	1 „ 180 „ „ „	0,0166	5 „		„ I
8	1 „ 213 „ „ „	0,0164	5,0 mm	4,3 mm	„ II
9	1 „ 213 „ „ „	0,0170	4,3 „	4,0 „	„ II

reichend und damit auch die erforderliche Spannung ermöglicht. Im Durchschnitt beträgt die gemeinsame Latenz des nervenfreien und nervenhaltigen Sartoriusabschnittes 0,0175 Secunden.

Im Vergleich zu den z. B. von Tigerstedt beobachteten Werthen oder gar im Vergleich zu der aus theoretischen Erwägungen abgeleiteten Latenz des Muskelelementes ist die hier gefundene Zeitdauer keine unbeträchtliche. In Anbetracht der geringen Zahl von Muskelelementen aber, die bei 5 mm durchschnittlicher Streckenlänge in mechanischer Wirksamkeit sein können, dürfen diese Werthe dasselbe Vertrauen beanspruchen, wie andere unter weit günstigeren Umständen gewonnene. Der von Tigerstedt gebrauchte, äusserst empfindliche Apparat gab zwar einmal bei einer Muskellänge von nur 5 mm eine Latenz von 0,0103″, das andere Mal versagte er ganz[1]); die oben vorgelegte Versuchsanordnung veranschaulichte stets nicht allein die Latenz, sondern auch den Verlauf der Muskelzuckung. Am meisten abhängig war das Gelingen des Versuches von der Schnelligkeit der Präparation und sofortigen Inarbeitstellung des Sartorius. Da bekanntermaassen das nervenfreie Stück am frühesten seine Erregbarkeit einbüsst, wurde in jedem Falle die Zuckung desselben zuerst aufgeschrieben. Auf diese Weise wurde erreicht, dass in der Mehrzahl der Fälle die Hubhöhe beider Abschnitte dieselbe war, und dass in den anderen Fällen die etwaigen nur geringen Unterschiede sich ausglichen. Sowohl für supramaximale als auch für Reize geringerer Stärke wurde geprüft und das gleiche Ergebniss erhalten.

1) a. a. O. S. 262.

Für weitere Schlüsse allgemeiner Art sind die vorgelegten Curven nicht zahlreich genug. Sie erfüllen aber das oben ausgesprochene Verlangen, indem sie in einwandsfreier Weise bezeugen, dass ein nervenfreier und ein nervenhaltiger Muskelabschnitt unter gleichen Bedingungen dieselbe Latenz der Zuckung besitzen. Aus diesem Ergebniss darf aber weiter gefolgert werden, dass die bei früheren Untersuchungen gefundenen Werthe bei directer Muskelreizung thatsächlich dem Muskel als solchem zukommen.

Ob bei der Reizung des Gesammtmuskels noch andere Verhältnisse mitspielen, namentlich mechanischer Art, bedarf noch der gründlichen Untersuchung, die später folgen soll. Denn Thatsache bleibt es, dass bei der Reizung in der Hilusgegend eine kürzere Latenz zum Ausdruck kommt, als bei Reizung vom nervenfreien Ende aus.

Wenn nun auch als weitere Folge unseres Ergebnisses die längere Latenz bei Reizung vom Nerven aus indirect eine neue Bestätigung erhalten hat, so kann doch mit Sicherheit keine Angabe über die thatsächlichen Gründe dieser Differenz gemacht werden.

Wären directer und indirecter Reiz zwei gleichartige Angriffe auf das Muskelelement, so müsste nothwendigerweise die Verzögerung in Vorgängen im Endorgane bedingt sein. Schon Tigerstedt hat die Einschränkung gemacht, dass diese beiden Reize nur gleichwertig seien, und als Maass dafür die Muskelzuckung gelten müsse. Selbst dies kann nicht ohne weiteres zugestanden werden. Die von Hoisholt gefundene Thatsache, dass bei directer Reizung die grössten Hubhöhen erlangt werden, ist ein Beleg für die Ungleichartigkeit der beiden Reize. In Wahrheit wird ja auch die gleiche Hubhöhe, also die „Gleichwerthigkeit", das eine Mal durch die Reizstärke, das andere Mal durch die Angriffsart bedingt. Ehe man demnach die von Bernstein aufgestellte Annahme der Verzögerung im Endorgane vorbehaltlos als Theorie ansehen darf, muss vorerst noch der Nachweis geliefert werden: 1. dass bei einer der durch indirecte Reizung erhaltenen gleichwerthigen, directen Muskelzuckung die Muskelelemente in derselben Weise und Reihenfolge sich contrahiren, und 2. dass nicht etwa die Stärke und die

Art und Weise, wie die natürliche, uns unbekannte Erregung am Muskelelement angreift, die etwas längere Latenz des letzteren bei indirecter Reizung bedinge.

Herr Geheimrat Professor Dr. Kühne, mein hochverehrter Lehrer, hat auch dieser Arbeit seine wohlwollende Unterstützung angedeihen lassen, wofür ich ihm meinen herzlichsten Dank ausspreche.

Beiträge zum Chemismus des Glaskörpers und des humor aqueus[1]).

Von

Dr. **W. Pautz,**

früherem Assistenten am physiologichen Institut zu Marburg.

(Aus dem physiologischen Institut zu Marburg.)

Betreffs der Zusammensetzung des Glaskörpers und des humor aqueus bestehen einige strittige Punkte, die klar zu stellen der Zweck der nachfolgenden Untersuchungen ist. Weder mit Sicherheit bewiesen noch beweiskräftig bestritten ist das Vorkommen von Harnstoff, Traubenzucker und Paramilchsäure in den Augenflüssigkeiten.

I.

Enthält der Glaskörper und der humor aqueus Harnstoff?

Der erste, der die Behauptung aufstellte, dass die Augenflüssigkeiten Harnstoff enthalten, war Millon[2]). Er gibt an, die Glaskörperflüssigkeit des Ochsen hinterlasse einen Trockenrückstand von 1,63%. In diesem habe Berzelius Kochsalz, etwas Eiweiss und in Wasser lösliche Substanz gefunden. Er habe stets Harnstoff nachweisen können, und zwar bilde derselbe 20—35% des Trocken-

1) Diese Arbeit wurde von der medicin. Facultät in Marburg als Inaugural-Dissertation angenommen.

2) Millon, Note sur la présence de l'urée dans l'humeur vitrée de l'oeil. Compt. rend. Tom 26 p. 121.

rückstandes. Nach seiner Ansicht enthält die Flüssigkeit nur Kochsalz und Harnstoff. Die Glaskörperflüssigkeit des Menschen und des Hundes hätten dieselbe Zusammensetzung. Wie die Glaskörperflüssigkeit enthalte auch das Kammerwasser Harnstoff und Kochsalz.

Ueber das Verfahren, dessen er sich zum Nachweis des Harnstoffs bediente, macht Millon keine Angaben.

Die Behauptung Millon's fand bald Bestätigung durch Wöhler[1]) und Marchand[2]). Wöhler schreibt:

„Die unerwartete Entdeckung von Millon, dass der humor vitreus des Auges Harnstoff enthält, hat ihre vollkommene Richtigkeit. In der Flüssigkeit von 20 Kalbsaugen konnte zwar seine Gegenwart nicht mit Sicherheit entdeckt werden, wohl aber in der von 50 Augen dadurch, dass die Flüssigkeit im Wasserbade zur Trockne verdunstet, der Rückstand mit Alkohol ausgekocht und der nach dem Verdunsten dieser Auflösung bleibende Rückstand mit Salpetersäure versetzt wurde. Ausser dem salpetersauren Harnstoff, woraus der Harnstoff durch kohlensauren Baryt abgeschieden werden konnte, hatten sich auch einzelne rhomboëdrische Krystalle gebildet, die salpetersaures Natron waren."

Marchand erwähnt in einer Notiz zunächst die Entdeckung Millon's und sagt dann über seine eigenen Untersuchungen:

„Aus der Flüssigkeit von 60 Kalbsaugen konnte ich gleichfalls eine hinreichende Quantität von Harnstoff erhalten, um ihn in der Verbindung mit Salpetersäure mit Sicherheit erkennen zu können."

Negative Ergebnisse bei der Untersuchung des Glaskörpers auf Harnstoff erhielt Lohmeyer[3]). Er berichtet darüber Folgendes:

„1. Im humor vitreus von 12 Augen (Kalbsaugen) wurde das Eiweiss durch Alkohol nach Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure abgeschieden, das Filtrat abgedampft und im Wasserbade getrocknet, der Rückstand, in welchem sich viele Würfel von Kochsalz fanden, von denen nur ein sehr kleiner Theil abgestumpfte Ecken zeigte,

1) Wöhler, Harnstoff im Auge. Ann. d. Chem. u. Pharmac. Bd. 66 S. 128.

2) Marchand, Harnstoff im humor vitreus. Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 44 S. 245.

3) Lohmeyer, Beiträge zur Histologie und Aetiologie der erworbenen Linsenstare. Zeitschr. f. rat. Medic. N. F. Bd. 5 S. 56.

mit Alkohol ausgezogen, der Auszug im Luftbade getrocknet und der Rückstand mit concentrirter Salpetersäure versetzt. Es bildete sich Salpeteräther und salpetrige Säure, von salpetersaurem Harnstoff zeigte sich keine Spur.

2. Der humor vitreus von 56 Augen wurde nach Abscheidung von Eiweiss ebenfalls abgedampft, der Rückstand mit Alkohol ausgezogen, aus der Lösung der grösste Theil der organischen Substanzen durch basisch-essigsaures Blei abgeschieden und abfiltrirt; aus dem Filtrat das überflüssige Blei durch Schwefelwasserstoff gefällt und abfiltrirt, das Filtrat abgedampft und der Rückstand mit concentrirter Salpetersäure versetzt. Auch diesmal bildete sich keine Spur von Krystallen, die auf das Vorhandensein von Harnstoff hingedeutet hätten. Die Angabe von Millon muss daher auf einem Irrthum beruhen."

Das Gegentheil behauptete Schneyder[1]):

„Die Anwesenheit von Harnstoff wurde im liquor aqueus und vitreus von Millon bekanntlich entdeckt und für den letzteren von Wöhler bestätigt, wozu der letztgenannte mehr als 20 Kalbsaugen (= 50) benutzte. Mit Hilfe des Mikroskopes lässt sich der Harnstoff nach eigener Erfahrung als Harnstoff-Kochsalz in jedem Tröpfchen jedweder Augenflüssigkeit und auch als salpetersaures Salz mit einiger Aufmerksamkeit, namentlich nach der Zerlegung des Kochsalzes mit schwefelsaurem (!) Silberoxyd bequem nachweisen."

Picard[2]) bestimmte den Gehalt der Flüssigkeiten des menschlichen Auges an Harnstoff zu 0,5%. Er führte diese Bestimmungen gleichzeitig mit der Bestimmung des Harnstoffgehaltes des Blutes aus. Das Verfahren Picard's war folgendes: Zur Entfernung des Eiweisses versetzte er die mit Essigsäure angesäuerte Flüssigkeit mit Alkohol von 96°, erwärmte sie und extrahirte den Verdunstungsrückstand wiederholt mit Alkohol. Die wässrige Auflösung des letzten Auszugrückstandes titrirte er nach Liebig mit salpetersaurem Quecksilberoxyd. Picard will mit dieser Methode genaue Resultate erhalten haben.

1) R. Schneyder, Chemische Untersuchungen verschiedener Augen von Menschen und Thieren. Freiburg 1855. Inaug.-Diss.

2) Picard, De la présence de l'urée dans le sang et sa diffusion dans l'organisme. Thèse à la faculté de med. de Strasbourg. Strasbourg 1856

Eine weitere Angabe über das Vorkommen von Harnstoff in der Glaskörperflüssigkeit findet sich bei Bernard[1]), der auf Millon's Entdeckung zurückkommt und sagt: „Der humor vitreus schliesst eine grosse Menge Harnstoff ein."

Ein Jahr später bestreitet Schwarzenbach[2]) das Vorkommen von Harnstoff im Glaskörper. Er sagt, dass seine Bemühungen, in der Glaskörperflüssigkeit Harnstoff nachzuweisen, stets zu negativen Resultaten geführt hätten, selbst wenn er mit grösseren Mengen von Untersuchungsmaterial arbeitete. Die bei Zusatz von Salpetersäure aus dem gelösten Rückstande der Glaskörperflüssigkeit sich ausscheidenden Krystalle hielt er für salpetersaures Natron, hervorgegangen aus Kochsalz durch Behandlung mit Salpetersäure. Die Beobachtung, dass diese Krystalle sich beim Erhitzen vorübergehend schwärzen, führt er auf die Beimengung einer eiweissähnlichen Substanz zurück. Schwarzenbach schliesst seine Bemerkungen mit den Worten: „So wenig es mir also gelang, die Behauptung des Vorkommens von Harnstoff in dem Glaskörper für den normalen Zustand zu bestätigen, so wenig wird derselbe für krankhafte Fälle, z. B. für diejenigen gewisser Nierendegenerationen, in welchen bekanntlich alle Sekrete des Organismus harnstoffhaltig werden, zu bezweifeln sein."

Gréhant[3]) führt die Angabe Picard's an, dass die Glaskörperflüssigkeit 0,5% Harnstoff enthalte; er selbst hat keine Bestimmung des Harnstoffes im Glaskörper ausgeführt. Die Methode Picard's hält er gegenüber den Einwürfen von Hoppe-Seyler für genau genug, um wenigstens vergleichende Bestimmungen anstellen zu können; er selbst schlägt jedoch bei Untersuchung des Harnstoffgehaltes des Blutes ein ganz anderes Verfahren ein.

Gscheidlen[4]) bemerkt gegenüber dem früher von Picard behaupteten Procentgehalt des Glaskörpers an Harnstoff: „Wir

1) Bernard, Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme. Paris 1859. Tom. II. pag. 32 et 409.

2) Schwarzenbach, Zoochemische Notizen. Ueber den Harnstoffgehalt des Glaskörpers im Auge. Würzburger medic. Zeitschr. Bd. 1. 1860.

3) Gréhant, Recherches physiologiques sur l'excrétion de l'urée par les reins. Annal. d. scienc. naturell. cinquième série. Tom XII. 1869.

4) Gscheidlen, Studien über den Ursprung des Harnstoffes im Thierkörper. Leipzig 1871.

fanden nur eine ganz geringe Menge. Die Darstellung gelang nur einmal."

Raehlmann[1]) suchte nach Musculus[2]) Methode nicht nur den Harnstoff nachzuweisen, sondern auch quantitativ zu bestimmen. Er sagt wörtlich:

„Ich habe 14,72 Glaskörper untersucht. Nach Behandlung mit Alkohol wurde der Niederschlag abfiltrirt und die alkoholische Lösung auf dem Wasserbade bis zur Trockne abgedampft. Der Rückstand wurde in 50 ccm Wasser gelöst — neutrale Reaction auf Curcumapapier. Das Curcumapapier mit Harnstoffferment getränkt, wird stark gebräunt.

Nun wurde 0,2 Ferment und einige Tropfen Lackmustinktur zugesetzt. 50 ccm Wasser wurden nun mit derselben Quantität Ferment und Lackmustinktur versetzt.

Beide Lösungen wurden gut verkorkt und am warmen Orte 24 Stunden aufbewahrt.

Dann wurde von Schwefelsäurelösung $^{1}/_{100}$ soviel in jede Lösung zutitrirt, bis die blaue Lackmusfarbe ins Rothe überging. Bei der Mischung von Wasser und Lackmus brauchte man 1 ccm, bei der anderen Lösung mit dem Glaskörperrückstand 2,5 ccm Schwefelsäure. Die Differenz der beiden Lösungen 1,5 ccm entspricht nun einem Harnstoffgehalte von 0,009 auf 14,12 (?) Glaskörper oder 0,064% Harnstoff."[3])

Die letzten Untersuchungen über den Harnstoffgehalt der Augenflüssigkeiten rühren von Michel und Wagner[4]) her; sie lieferten ein negatives Ergebniss. Die Autoren erwähnen zunächst die positiven Resultate von Schneyder, Wöhler und Millon, die

---

1) Raehlmann, Ueber die Netzhautablösung und die Ursache ihrer Entstehung. Arch. f. Ophth. Bd. 22 Abth. 4 S. 251 f.

2) Musculus, Ueber die Gährung des Harnstoffs. Pflüger's Archiv Bd. 12 S. 214.

3) Den Harnstoffgehalt eines Organes, in dem der Harnstoff noch nicht einmal mit Sicherheit nachgewiesen ist, mittels einer der Prüfung höchst bedürftigen Methode quantitativ zu bestimmen, dürfte sehr gewagt sein. Ob das untersuchte Material von Menschen oder Thieren stammt, darüber fehlt jede Angabe.

4) Michel und Wagner, Physiologisch-chemische Untersuchungen des Auges. Archiv f. Ophthalm. Bd. 32 Abth. 2 S. 155.

negativen von Lohmeyer bei der Untersuchung des Kammerwassers auf Harnstoff und fahren fort:

„Auch wir fanden diesen Körper nicht vor; das gleiche Resultat ergab sich bei der Anwendung der Methode von v. Schroeder[1]), die er in seiner Arbeit über die Harnstoffbildung in der Leber benutzte."

Ueber die Untersuchung des Glaskörpers äussern sie sich, wie folgt:

„Wie im Kammerwasser, so fanden Wöhler und Millon auch im Glaskörper Harnstoff, was Lohmeyer verneinte. Auch wir konnten keinen Harnstoff nachweisen."

Es erübrigt noch, die Angaben der Lehrbücher über das Vorkommen von Harnstoff in den Flüssigkeiten des Auges kurz anzuführen:

Mulder[2]): „Millon und Wöhler haben Harnstoff in der Glasflüssigkeit des Auges gefunden."

Lehmann[3]): „Millon fand im humor vitreus und aqueus des Auges Harnstoff, Wöhler bestätigt dies."

Heintz[4]): „Millon fand Harnstoff in dem humor vitreus von Rinds-, Menschen- und Hundeaugen in nicht unbedeutender Menge, welche Angabe auch Wöhler und Marchand bestätigt haben."

Ludwig[5]): „Das Augenwasser enthält . . . Harnstoff." Bezüglich des Harnstoffgehaltes des Glaskörpers führt Ludwig Millon, Wöhler und Marchand an; in einer Anmerkung heisst es: „Nach Lohmeyer enthält der Glaskörper nicht immer Harnstoff."

Budge[6]): „In der Flüssigkeit des Glaskörpers wurde von Wöhler, Millon u. a. Harnstoff gefunden."

Kühne[7]) citirt die Untersuchung von Wöhler, die Angabe Picard's versieht er mit einem Fragezeichen.

1) v. Schroeder, Ueber die Bildungsstätte des Harnstoffs. Archiv für experim. Pharmakol. u. Pathol. Bd. 15 S. 364.

2) Mulder, Allg. physiol. Chemie 1844—51, S. 1113.

3) Lehmann, Lehrb. d. physiol. Chemie. Leipzig 1853, 2. Aufl. S. 166.

4) Heintz, Lehrb. d. Zoochemie. Berlin 1853, S. 169.

5) Ludwig, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. 2. Aufl. Leipzig u. Heidelberg 1858, Bd. 2 S. 264 u. 265.

6) Budge, Lehrb. d. spec. Physiol. d. Menschen. 8. Aufl. Leipzig 1862, S. 838.

7) Kühne, Physiol. Chemie. Leipzig 1866, S. 269.

Gorup-Besanez[1]): „Ausser den gewöhnlichen Bestandtheilen der Transsudate enthält der humor aqueus wägbare Mengen von Harnstoff. Eine ähnliche Zusammensetzung und Beschaffenheit zeigt die Flüssigkeit des Glaskörpers.“

Hofmann[2]): „Der Glaskörper enthält angeblich Harnstoff. Das Kammerwasser enthält eine Spur Harnstoff.“

Hammarsten[3]): „Unter den Extraktivstoffen (des Glaskörpers) hat man ein wenig Harnstoff — nach Picard 5 p. m., nach Röhmann[4]) 0,64 p. m. — nachgewiesen.“

Halliburton[5]): „Harnstoff kommt in kleinen Mengen im humor aqueus vor.“

Hoppe-Seyler[6]): „Im humor aqueus findet sich Harnstoff in Spuren.“

Wer die in der Literatur vorfindlichen Angaben und die Untersuchungsmethoden, auf denen sie beruhen, kritisch mustert, wird sich der Ansicht nicht verschliessen können, dass weder das Vorkommen noch das Fehlen von Harnstoff im Glaskörper und im humor aqueus mit Sicherheit bewiesen ist. Es erschien wünschenswerth, die Untersuchungen von neuem an grösserem Material auszuführen.

Nachweis von Harnstoff im Glaskörper.

Zu den Untersuchungen wurden nur ganz frische Ochsenaugen benutzt. Da das Material nicht nur zum Nachweis des Harnstoffs, sondern auch zur Untersuchung auf Paramilchsäure verwandt werden sollte, so musste das Verfahren dementsprechend eingerichtet werden.

1) Gorup-Besanez, Lehrb. d. physiol. Chemie. 3. Aufl. Braunschweig 1874, S. 412.

2) Hofmann, Lehrb. d. Zoochemie. Wien 1879, S. 24 resp. 346.

3) Hammarsten, Lehrb. d. physiol. Chemie. 2. Aufl. Wiesbaden 1891, S. 287.

4) Herr Professor Hammarsten hatte die Güte, mir mitzutheilen, dass hier ein Druckfehler vorliegt. Es ist die oben citirte Arbeit von Raehlmann gemeint.

5) Halliburton, Lehrb. d. chem. Physiol. u. Path. Deutsch v. Kaiser. Heidelberg 1893, S. 366.

6) Hoppe-Seyler, Handbuch d. physiol.- u. pathol.-chemischen Analyse. 6. Aufl. Berlin 1893, S. 101.

Nachdem der humor aqueus durch Einstich in die Cornea mittelst eines Troikarts entfernt war, wurde der Glaskörper durch einen Zirkelschnitt 4 mm hinter dem Cornealrand durchtrennt, nur der im grösseren, hinteren Bulbussegment verbliebene Glaskörpertheil aus diesem herausgedrückt und mit der Scheere zerschnitten. Die mit einem Glasstabe durchgerührte Masse filtrirte ziemlich schnell und hinterliess auf dem Filter eine geringe Menge einer schleimig-klebrigen Masse.

Im Ganzen wurden 492 Ochsenaugen mit 7380 ccm Glaskörperflüssigkeit verarbeitet; 20 Augen lieferten durchschnittlich 300 ccm Filtrat.

Die einzelnen Filtrate wurden mit dem doppelten Volumen 96%igen Alkohols versetzt und gut durchgerührt. Nach 12stündigem Stehen bildete sich ein weisser, flockiger Niederschlag. Von den vereinigten wasserhellen Filtraten wurde der Alkohol abdestillirt resp. verjagt und die hinterbleibende wässerige Lösung auf 200 ccm bei 60° C. eingedampft. Hierbei schieden sich noch Flocken aus. Zur Gewinnung der Paramilchsäure wurde das klare, gelblich gefärbte, schwach alkalisch reagirende Filtrat zunächst mit verdünnter Schwefelsäure neutralisirt, dann mit 10 ccm einer 30%igen Schwefelsäure versetzt und mit Aether zwölfmal gut ausgeschüttelt. Das Aetherextrakt wurde, wie weiter unten angegeben, auf Paramilchsäure verarbeitet. Der nach der Aetherbehandlung verbleibende wässrige Rückstand wurde zur Darstellung des Harnstoffes mit Barythydrat neutralisirt, das Baryumsulfat abfiltrirt und das klare, kaum gefärbte Filtrat zunächst auf dem Wasserbade, dann im Vacuum über Schwefelsäure völlig zur Trockne verdampft. Die hinterbleibende, bräunlich gefärbte Krystallmasse wurde wiederholt mit absolutem Alkohol extrahirt. Von den vereinigten Extrakten wurde der Alkohol zunächst auf dem Wasserbade, dann im Vacuum über Schwefelsäure verjagt und der Rückstand mit wenig heissem Wasser aufgenommen. Die bräunliche Lösung wurde mit möglichst wenig reiner Thierkohle entfärbt. In der eiweissfreien Flüssigkeit, von welcher Fehling'sche Lösung beim Kochen deutlich reducirt wurde, waren nur geringe Mengen Chlor und eine Spur Phosphorsäure; sie war dagegen absolut frei von Schwefelsäure.

Wenige Tropfen der Lösung wurden mit reinster concentrirter Salpetersäure im Probirröhrchen versetzt. Erst unter Kühlung in Eiswasser und bei Reiben der Wandung mit einem Glasstabe entstand ein deutlicher krystallinischer Niederschlag. Die mikroskopische Untersuchung ergab grösstentheils hexagonale Blättchen und dazwischen einige rhombische Formen. Die Krystalle wurden mit kalter Salpetersäure gewaschen und auf einem Thonteller getrocknet. Der Trockenrückstand verbrannte auf dem Platinblech sehr schnell unter Verpuffen.

Der Rest der Lösung wurde nun unter Kühlung in Eiswasser mit etwa dem anderthalbfachen Volumen reiner Salpetersäure von 1,30 spec. Gewicht versetzt. Auch in diesem Falle begünstigte die Reibung der Gefässwand mittelst eines Glasstabes die Abscheidung des salpetersaueren Harnstoffs. Die Krystalle wurden nach fünfstündigem Stehen der Flüssigkeit abfiltrirt und auf einem Thonteller getrocknet. Aus der Mutterlauge schieden sich bei weiterem 24stündigem Stehen noch grosse Krystalle ab, die schon makroskopisch als hexagonale Blättchen zu erkennen waren.

Die grauweisse Masse, welche die beiden auf Thontellern getrockneten Krystallisationen bildeten, wurde in wenig Wasser gelöst, die stark sauere Lösung mit Baryumcarbonat neutralisirt und das Ganze im Vacuum über Schwefelsäure zur Trockne verdampft. Der Rückstand wurde mit absolutem Alkohol bis zur Erschöpfung extrahirt. Nach der Verdunstung des Alkohols hinterblieben prismatische Säulen von der Form des Harnstoffes.

Eine sehr geringe Menge der Substanz wurde in einer Glascapillare über kleiner Flamme zunächst zum Schmelzen gebracht und dann bis zu schwacher Gasentwicklung erhitzt. Hierbei machte sich ein deutlicher Geruch nach Ammoniak bemerkbar. An dem kälteren Theil der Capillare bildete sich ein weisses Sublimat, das, in Wasser gelöst, deutliche Biuretreaction gab.

Die übrigen Krystalle wurden abgepresst und wiederholt aus Alkohol umkrystallisirt. Nach sechsmaligem Umkrystallisiren erhielt ich 0,25 g eines Körpers, der bei 120° zu schmelzen begann und bei 127—129° vollständig geschmolzen war. Nach weiterem viermaligen Umkrystallisiren aus Alkohol hinterblieben noch 0,17 g

einer rein weissen Substanz, die bei 132—133° gleichzeitig mit reinem, synthetisch dargestellten Harnstoff schmolz.

Bei der Stickstoffbestimmung nach Dumas-Zulkowsky lieferten 0,1516 g des bis zur Gewichtskonstanz über Schwefelsäure getrockneten Körpers 60,6 ccm N bei 739 mm Barometerstand und 11° C.

Berechnet für $CO(NH_2)_2$	Gefunden
46,67%	46,33%.

Die stark salpetersäurehaltige Mutterlauge vom salpetersaueren Harnstoff wurde durch Zusatz von Baryumcarbonat im Ueberschuss neutralisirt, zunächst auf dem Wasserbade, dann im Vacuum über Schwefelsäure zur Trockne verdampft und wiederholt mit absolutem Alkohol extrahirt. Der Rückstand des alkoholischen Extraktes wurde von neuem mit absolutem Alkohol ausgezogen. Nachdem dieselbe Procedur nochmals wiederholt war, wurde der Rückstand in wenig Wasser aufgenommen und mit einer concentrirten Lösung von Oxalsäure unter Abkühlen versetzt. Die sich ausscheidenden Krystalle wurden abgepresst und zunächst aus heissem, dann aus kaltem Wasser umkrystallisirt. Es waren theils grössere, über 1 cm lange, theils kleine, erst mikroskopisch erkennbare Blättchen von der Form des oxalsaueren Harnstoffs.

Ich glaube demnach endgültig festgestellt zu haben, dass der Glaskörper in der That Harnstoff enthält.

Es ist selbstverständlich, dass das von mir eingeschlagene Verfahren kein quantitatives sein kann, denn Verluste an Harnstoff sind u. a. bedingt durch die Ausschüttlung mit Aether[1]), durch die Behandlung mit Thierkohle und durch das wiederholte Umkrystallisiren. Immerhin dürfte die schliesslich gewonnene Harnstoffmenge andeuten, dass der Gehalt des Glaskörpers an Harnstoff nur ein sehr geringer ist.

Um annähernd über den grösstmöglichen Harnstoffgehalt der Glaskörperflüssigkeit Aufschluss zu gewinnen, bestimmte ich von der Glaskörperflüssigkeit den Stickstoffgehalt nach Kjeldahl. Zu zwei

1) Schon Nebelthau (Zeitschr. f. Biol. Bd. 25 S. 131) hat gelegentlich darauf hingewiesen, dass beim Aufschütteln von Harnstofflösungen mit Aether Harnstoff in den letzteren übergeht.

Bestimmungen wurde das Material aus je neun Ochsenaugen in der früher beschriebenen Weise gewonnen.

I. 89,0 g Glaskörperflüssigkeit enthielten 0,02135 g = 0,2399 ‰ N,
II. 95,3 g „ „ 0,02275 g = 0,2345 ‰ N.

Die Gaskörperflüssigkeit enthält demnach im Mittel 0,2393 ‰ N.

Sieht man den gefundenen Stickstoff als lediglich aus Harnstoff hervorgegangen an, was durchaus nicht zulässig ist, so würde der Harnstoffgehalt der Glaskörperflüssigkeit 0,51 ‰ betragen.

Schliesslich wollte ich mich noch darüber orientiren, ob 100 g Glaskörperflüssigkeit vom Ochsen genügend wären, um Harnstoff nachweisen zu können. Zu dem Zwecke wurde die aus acht Ochsenaugen gewonnene Glaskörperflüssigkeit, wie oben angegeben, mit 96 %igem Alkohol behandelt, der Rückstand des Auszuges in absolutem Alkohol gelöst und der Rückstand dieses Extraktes durch dreimaliges Auflösen in absolutem Alkohol von Beimengungen anorganischer Salze möglichst befreit. Die 1 ccm betragende wässrige Lösung des schliesslich verbleibenden Rückstandes wurde mit reiner Salpetersäure versetzt. Nach 24stündigem Stehen der Flüssigkeit schieden sich Krystalle aus, deren mikroskopische Untersuchung die Form des salpetersaueren Harnstoffs ergab. Die Lösung der zweimal aus Wasser umkrystallisirten Substanz wurde, um in der bereits geschilderten Weise den salpetersaueren Harnstoff in Harnstoff überzuführen, unter Vermeidung jeglichen Verlustes mit Baryumcarbonat neutralisirt und der Rückstand wiederholt in absolutem Alkohol gelöst. Die nadelförmigen Krystalle, welche ich schliesslich erhielt, genügten, eine Biuretreaction anzustellen, deren Ausfall deutlich war.

Nachweis von Harnstoff im humor aqueus.

Zur Untersuchung des Kammerwassers auf Harnstoff wurden ebenfalls nur ganz frische Ochsenaugen benutzt; auch hier diente das Material gleichzeitig zum Nachweis der Paramilchsäure.

Zur Gewinnung möglichst reinen Kammerwassers spülte ich die Hornhautoberfläche sorgfältig mit destillirtem Wasser ab und stach einen kleinen Troikart ein, um den humor aqueus in einem Messcylinder aufzufangen.

Im Ganzen wurden 622 Augen mit 815 ccm humor aqueus verarbeitet; es lieferten somit durchschnittlich 8 Augen 10,5 ccm Flüssigkeit. Das Kammerwasser von 10—30 Augen wurde jedesmal frisch mit dem doppelten Volumen Alkohol versetzt und gut durchgeschüttelt. Nach 12stündigem Stehen wurden die ausgeschiedenen weissen Flocken abfiltrirt. Aus den vereinigten Filtraten wurde der Alkohol abdestillirt resp. verjagt und der Rest der Flüssigkeit bei gelinder Temperatur auf 100 ccm eingedampft. Die sich nachträglich abscheidenden Flocken mussten nochmals abfiltrirt werden. Zur Extraktion der Paramilchsäure wurde das klare, gelblich gefärbte, schwach alkalisch reagirende Filtrat mit verdünnter Schwefelsäure neutralisirt und nach einem weiteren Zusatz von 5 ccm 30%iger Schwefelsäure 36 Stunden im Schwarz'schen Apparate mit Aether extrahirt. Der ätherlösliche Theil diente zur Darstellung der Paramilchsäure, der Rest zum Nachweis des Harnstoffs. Das weitere Verfahren entsprach genau der Reihenfolge der Proceduren, welche ich zur Darstellung des Harnstoffs aus der Glaskörperflüssigkeit bereits oben geschildert habe. Die wässrige Lösung des schliesslich erhaltenen Rückstandes wurde durch Behandlung mit möglichst wenig Thierkohle entfärbt; sie war absolut frei von Chlor, Phosphorsäure und Schwefelsäure, reducirte aber deutlich Fehling'sche Lösung und gab auf Zusatz von salpetersauerem Quecksilberoxyd einen weissen Niederschlag. In der nun mit Eiswasser gekühlten und mit concentrirter Salpetersäure versetzten Flüssigkeit entstand erst eine krystallinische Ausscheidung, als ich die Gefässwand mit einem Glasstab rieb.

Die mikroskopische Untersuchung ergab verschieden grosse, sechsseitige Täfelchen, die zum Theil dachziegelförmig übereinander gelagert waren. Die abgepressten Krystalle wogen lufttrocken 0,025 g. Hiervon wurden 1,5 cg in Harnstoff übergeführt. Mit den theils makroskopisch, theils mikroskopisch erkennbaren säulenförmigen Krystallen konnte eine deutliche Biuretreaction angestellt werden.

Es dürfte somit der Beweis geliefert sein, dass auch der humor aqueus des Ochsen Harnstoff enthält.

II.

Enthält der Glaskörper und der humor aqueus Traubenzucker?

Die erste Untersuchung des Glaskörpers auf Zucker scheint Lohmeyer[1]) ausgeführt zu haben; er gibt an: „Zucker wurde im normalen Glaskörper ebenso vergeblich wie Harnstoff gesucht.“ — Ob auch eine Untersuchung des Kammerwassers stattgefunden hat, darüber äussert er sich nicht.

Der erste Hinweis auf die Gegenwart von Zucker im humor aqueus findet sich bei Bernard[2]). Bei ihm heisst es:

»L'humeur aqueuse, de même que le liquide céphalo-rachidien, contient du sucre, comme on peut s'en assurer sur des yeux frais de boeuf, qui en offrent une assez grande quantité.«

Wie der Nachweis des Zuckers geführt wurde, darüber fehlt jede nähere Mittheilung.

Wohl ohne die Angabe Bernard's zu kennen, betonte Chabbas[3]), dass normaler Weise bei gut genährten Thieren im humor aqueus Zucker enthalten sei.

Nach Chabbas ist „Zucker als constanter Bestandtheil des humor aqueus bei Kaninchen, Hunden und Katzen anzutreffen. Bei den grossen Wiederkäuern, deren Augen jederzeit ganz frisch vom Schlachthofe beschafft werden konnten, gelang der qualitative Nachweis mit Ausnahme eines einzigen Falles nicht, ebenso auch nur zweimal unter sieben Fällen in dem Kammerwasser menschlicher Augen, von welchen die einen einem wenige Stunden vor der Entleerung an Phthisis verstorbenen jungen Manne, die andern einem an einem Gehirnleiden verstorbenen Manne von mittlerem Alter angehörten.“

„Es wäre möglich, dass diese negativen Ergebnisse auf die Nahrungsentziehung zurückzuführen sind, der das Schlachtvieh vor

---

1) Lohmeyer, Beitr. zur Histol. u. Aetiol. d. erworbenen Linsenstaare. Zeitschr. f. rat. Med. N. F. Bd. 5 S. 67.

2) Bernard, Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathol. des liquides de l'organisme. Paris 1859, Tom II pag. 409.

3) Chabbas, Ueber die Secretion des Humor aqueus in Bezug auf die Frage nach den Ursachen der Lymphbildung. Dissert. Königsberg 1878 und Pflüger's Arch. Bd. 16 S. 144.

dem Tode in der Regel ausgesetzt ist, und der auch diejenigen Personen in Folge ihrer Krankheit gewöhnlich unterworfen sind, deren Augen von uns nach erfolgtem Tode untersucht wurden. Sicher ist, dass ganz frischer humor aqueus lebender menschlicher Augen, welcher zwei verschiedenen, nicht diabetischen Personen in den Kliniken der Herren Professoren Jacobson und Berthold ohne vorangegangene Chloroformnarkose entnommen worden war, eine deutliche Zuckerreaction erkennen liess, und sicher auch, dass der Zucker bei Kaninchen, welche über 48 Stunden gehungert haben, aus dem humor aqueus verschwindet."

Die Trommer'sche Probe, durch welche Chabbas Zucker im Kammerwasser nachgewiesen zu haben glaubt, stellte er folgendermaassen an:

War der humor aqueus fibrinhaltig, wie es meist bei der aus den Augen lebender Thiere gewonnenen, frei abströmenden Flüssigkeit der Fall war, so wurde die Gerinnung abgewartet und das Gerinnsel entfernt. Die defibrinirte Flüssigkeit wurde enteiweisst durch Erhitzen nach Zusatz eines Ueberschusses von Natron sulphuricum; sie liess sich vollständig klar abfiltriren. Das Filtrat „wurde mit einem kleinen Tropfen einer concentrirten Lösung von Kupfervitriol versetzt, darauf durch Kalisolution alkalisch gemacht und vorsichtig erwärmt. Wenn sich vor dem Sieden ein gelber körniger Niederschlag entwickelte, allmählich alle Schichten der Flüssigkeit successive von oben nach unten durchsetzte und sich schliesslich am Boden des Reagenzgläschens in Form eines festen Niederschlages ablagerte", so sah er „die Reaction für positiv gelungen" an.

Enthielt der humor aqueus kein Fibrin, wie es normaliter bei dem aus Augen todter Thiere gewonnenen humor aqueus der Fall ist, so fiel das Defibriniren fort, und die Flüssigkeit wurde sofort enteiweisst. Sonst war das Verfahren dasselbe.

Den Augen lebender Thiere entnahm Chabbas das Kammerwasser nach Immobilisirung durch Curare oder Narcotisirung durch Chloralhydrat. Dem Einwand, dass durch das Curare das Auftreten des Zuckers bedingt sei oder dass andererseits die nach Einfuhr von Chloralhydrat sich bildende Urochloralsäure Zucker vorgetäuscht habe, suchte er dadurch zu begegnen, dass er den humor

aqueus frisch getödteter, nicht vergifteter Kaninchen nach Trommer prüfte; auch hier erhielt er positive Resultate.

Um sich vor dem weiteren Einwande zu sichern, dass die reducirende Substanz kein Zucker sei, sondern irgend ein anderer Körper, der mit Traubenzucker nur die reducirende Eigenschaft theile, stellte er mit dem humor aqueus von zwei frisch getödteten Katzen die Gährungsprobe an, die nach seinen Angaben positiv ausfiel. „Als schliesslich mit der ausgegohrenen Flüssigkeit die Trommer'sche Probe angestellt wurde, versagte dieselbe ganz, ein Beweis dafür, dass die reducirende Substanz durch die Gährung verbraucht worden war."

Leider äussert er sich nicht darüber, ob er auch vor dem Anstellen der Gährungsprobe in dem Kammerwasser dieser Augen durch die Trommer'sche Probe das Vorhandensein einer reducirenden Substanz constatiren konnte.

Auf Grund des vermeintlichen Nachweises, dass das Kammerwasser normaliter Zucker enthalte, und auf Grund der Gerinnungsfähigkeit dieser Augenflüssigkeit behauptete Chabbas die nahe Verwandtschaft des humor aqueus mit der Lymphe, eine Auffassung, der Dogiel[1]), ohne auf den Zuckergehalt des humor aqueus näher einzugehen, bald darauf mit der Begründung entgegentrat, dass beide Flüssigkeiten in ihrer chemischen Zusammensetzung bedeutende Differenzen zeigten.

Die im Grünhagen'schen Laboratorium von Chabbas angestellten Versuche wurden ebendaselbst von Jesner[2]) wieder aufgenommen.

Neben dem Hauptzweck seiner Versuche, die Beziehungen des humor aqueus zu Blutdruck und Nervenreizung klarzustellen, widmete Jesner seine Aufmerksamkeit der Zusammensetzung des humor aqueus und zog gleichzeitig den Glaskörper in das Bereich seiner Untersuchungen. Ueber das Versuchsergebniss äusserte er sich folgendermaassen:

---

1) Dogiel, Zur Kenntniss der Eiweissreactionen und von dem Verhalten des Albumins d. lichtbrechenden Medien d. Auges. Pflüg.'s Arch. Bd. 19 S. 335.

2) Jesner, Der humor aqueus des Auges in seinen Beziehungen zu Blutdruck und Nervenreizung. Pflüger's Arch. Bd. 23 S. 14.

„1. Der vollkommen normale humor aqueus enthält stets Eiweiss und Zucker, aber keine Fibringeneratoren. Der Zucker verschwindet nach dem Tode innerhalb 24—48 Stunden, wenn der humor aqueus in ungestörter Berührung mit dem Bulbusgewebe verbleibt.

2. Der Glaskörper ist eiweissreicher als der humor aqueus und enthält ebenfalls Zucker, welcher bezüglich seines Verbleibens im todten Auge das gleiche Verhalten zeigt, wie derjenige des humor aqueus.“ —

Des Näheren gibt Jesner an, ausser bei den Thieren, bei denen Chabbas Zucker im Kammerwasser nachgewiesen hat, — bei Kaninchen, Hunden und Katzen, — auch im humor aqueus der Rinder-, Hammel- und Schweineaugen die Anwesenheit von Zucker constatirt zu haben, wenn er frische Augen zur Verfügung hatte.

Er entnahm den humor aqueus aus den Augen mittelst einer Pravaz'schen Spritze mit feiner Stahlcanüle.

Zum Zuckernachweis bediente auch er sich der Trommer'schen Probe; gelegentlich prüfte er nach Sachsse mit Jodkaliumjodquecksilberlösung, gibt jedoch an, dass diese Probe nicht empfindlich genug gewesen sei.

Ausser der Reduction bestimmte Jesner die Drehung des Kammerwassers. Untersuchte er die optische Wirksamkeit des frischen humor aqueus, so konnte er keine Drehung nachweisen. Das Fehlen der Drehung, erklärte er durch das gleichzeitige Vorhandensein von Zucker und Eiweiss, die gegenseitig ihre Drehung aufheben. Jesner enteiweisste deshalb das Kammerwasser dadurch, dass er es erst durch Zusatz von Glaubersalz in eine concentrirte Salzlösung verwandelte, diese mit Essigsäure ansäuerte und erhitzte. Bestimmte er nun die Drehung mit dem Wild'schen Polaristrobometer in einer 200 mm langen Röhre, so will er Rechtsdrehung und einen Zuckergehalt von 0,16—0,2% constatirt haben.

Die Prüfung auf Reduction mit der Trommer'schen Probe ergab gelegentlich negative Resultate — bei Untersuchung von 160 Thieraugen 15 mal. Diese negativen Ergebnisse, ebenso die von Chabbas erklärt Jesner einmal dadurch, dass die kleinen Zuckermengen, die sich im humor aqueus finden, die Trommer'sche

Probe sehr erschweren. Andererseits nimmt auch er einen Zuckerschwund an, führt ihn jedoch nicht wie Chabbas auf die vorangehende Carenz zurück, sondern hält ihn für einen postmortalen Vorgang. Er sucht dies dadurch zu beweisen, dass er den humor aqueus theils frisch, theils 24—48 Stunden nach dem Tode entnahm, oder von den Augen desselben Thieres das eine direct post mortem, das andere 24—48 Stunden später entleerte, oder aus einem Auge nur einen Theil des Kammerwassers gleich nach dem Tode, den Rest erst 24—48 Stunden später und jedesmal auf Reduction prüfte. In jedem Falle will er eine Abnahme oder einen vollständigen Schwund des reducirenden Körpers nach 24—48 Stunden constatirt haben. Endlich injicirte er eine Zuckerlösung von bekanntem Gehalt in die vordere Kammer, beliess sie 24 Stunden in derselben und prüfte nun mit der Trommer'schen Probe. Es soll sich auch hier eine Abnahme der Reduction gezeigt haben.

Nach Jesner tritt dieser postmortale Zuckerschwund nur dann ein, wenn der humor aqueus mit dem Bulbusinnern in Berührung bleibt, nicht, wenn er entleert ist. Das gleiche Verhalten wies Jesner für die reducirende Substanz des Glaskörpers nach:

Michel und Wagner[1]) geben an, im humor aqueus keinen Zucker gefunden zu haben. Sie sagen:

„Was das Vorkommen von Zucker anlangt, so will Chabbas im frischen Kaninchen-Kammerwasser Zucker vorgefunden haben, welcher aber nach 48stündigem Hungern wieder verschwinden soll. Lohmeyer[2]) fand keinen Zucker; auch wir waren nicht im Stande, in dem von Eiweiss befreiten Kammerwasser von etwa 70 Augen Zucker nachzuweisen."

Der Methode, mit der Michel und Wagner den humor aqueus auf Zucker untersuchten, geschieht keine Erwähnung.

Um die Widersprüche zwischen den Versuchsergebnissen der genannten Autoren aufzuhellen, untersuchte Kuhn[3]) von neuem

1) Michel u. Wagner, Physiol.-chem. Untersuch. des Auges. Archiv für Ophthalmol. Bd. 32 Abth. 2 S. 155.

2) Es liegt hier ein Irrthum der Verfasser vor. Lohmeyer (a. a. O.) äussert sich nur über eine Untersuchung des Glaskörpers auf Zucker.

3) Kuhn, Zur Chemie des humor aqueus. Pflüger's Arch. Bd. 41 S. 200.

den humor aqueus auf Zucker. Er prüfte zunächt nach Trommer und verfuhr hierbei folgendermaassen:

„Der humor aqueus wurde am enucleïrten Auge durch Einstich in die Cornea mittelst einer Pravaz'schen Spritze der vorderen Kammer entnommen, in kleine 4—5 mm im Lichten messende Reagensgläschen übergefüllt, sodann mit Natron sulfuricum in Substanz und einigen Tropfen Essigsäure versetzt, vorsichtig zum Kochen erhitzt und, nachdem sich hierbei das Eiweiss in Gestalt feiner Flocken ausgeschieden hatte, auf ein kleines, vorher mit destillirtem Wasser angefeuchtetes Filter ausgegossen. Dem klaren, abermals in einem kleinen Reagensgläschen aufgefangenen Filtrat wurden 1—2 Tropfen einer 1%igen Lösung von Kupfervitriol zugefügt, die kaum gebläute Mischung über einer kleinen Gasflamme zum Kochen gebracht und in die klare Flüssigkeit mittelst einer capillar ausgezogenen Pipette eine 38—40%ige Kalilösung allmählich einfliessen gelassen. Sobald der erforderliche Grad von Alkalescenz erreicht worden war, erfolgte jedesmal die Ausscheidung gelben Kupferoxyduls.

Es ist also ein die Trommer'sche Probe gebender Körper stets im humor aqueus normal beschaffener Kaninchen und Rinder vorhanden. Dieser Körper ist nicht das Alcapton Bödeker's bezw. das mit demselben für identisch angesehene Brenzkatechin, da er auch nach Ausfällung des eiweissfreien humor aqueus mit Bleiacetat in das Filtrat übergeht, während das Alcapton oder Brenzkatechin von dem Bleiniederschlage niedergerissen wird, sondern wirklich Traubenzucker, da er, wie dieser, durch Bleiacetat und Ammoniak gefällt und durch Zerlegung des in Alkohol vertheilten Niederschlages mit H_2S wiedergewonnen wird."

Noch sicherere Ergebnisse will Kuhn durch ein anderes Verfahren erhalten haben. Er fällte das Eiweiss des humor aqueus mit Jodkaliumquecksilberjodid und Salzsäure und stellte ebenso wie Jesner (s. o.) die Sachsse'sche Zuckerprobe an. Auch mit dieser will er einen reducirenden Körper nachgewiesen haben. Andererseits dampfte er das nach Fällung des Eiweisses mit Brücke'schem Reagens erhaltene Filtrat ein und konnte nun im grossen Halbschattenapparat von Schmidt und Hänsch eine

Rechtsdrehung constatiren. Aus dieser berechnet er den Zuckergehalt des Kammerwassers in einem Falle auf 0,03—0,044%, in einem andern auf 0,03%.

Grünhagen[1]) selbst, unter dessen Leitung die vorerwähnten Arbeiten von Chabbas, Jesner und Kuhn entstanden waren, trat der Behauptung entgegen, dass das Kammerwasser Zucker enthalte. Er erklärte, dass das Reductionsvermögen und die optische Wirksamkeit des humor aqueus nicht beide an ein Stoffelement desselben, sondern dass von diesen zwei Flüssigkeiten jede für sich an durchaus verschiedene, im normalen humor aqueus gelöste Stoffe gebunden sei. Die rechtsdrehende Substanz hält er für ein Gemenge von Paramilchsäure mit einem andern rechtsdrehenden Körper von unbekannter Constitution.

Auf die letzteren Behauptungen Grünhagen's komme ich bei Entscheidung der Frage, ob die Augenflüssigkeiten Paramilchsäure enthalten, noch einmal zurück.

Den Gang der Untersuchung, auf Grund der Grünhagen die Gegenwart von Zucker im Kammerwasser bestreitet, schildert er folgendermaassen:

„Der humor aqueus einer grösseren Zahl von Rinds- und Kalbsaugen (2—300) wurde auf je 100 ccm mit 0,3 g reiner krystallisirter Oxalsäure versetzt, seine alkalische Reaction, deren Fortbestehen leicht zu einer Zerstörung der reducirenden Substanzen führen kann, dadurch in eine deutlich sauere verwandelt und gleichzeitig eine theilweise Ausfällung von Eiweiss bewirkt. Um letzteres ganz zu entfernen und zur flockigen Ausscheidung zu bringen, war allerdings noch erforderlich, der opalescirenden, trüben, saueren Flüssigkeit das dreifache Volumen Alcohol absolutus und schliesslich noch das anderthalbfache Volumen Aether hinzuzufügen, worauf sich stets ein reichlicher Niederschlag schneeweisser Flocken entwickelte, welcher beim Filtriren vollständig auf dem Filtrum zurückblieb. Das klare alkoholisch-ätherische Filtrat wurde sodann auf dem Wasserbade bei gelinder Wärme, um Bräunung zu verhüten, mindestens bis auf $^1/_{10}$, höchstens bis auf $^1/_{30}$ der Urflüssigkeit

1) Grünhagen, Zur Chemie des humor aqueus. Nach Untersuchungen von Kuhn. Pflüger's Archiv Bd. 43 S. 377.

d. h. des reinen Kammerwassers eingedampft; hierauf, nachdem es durch abermaliges Filtriren durch ein kleines Filtrum von einigen spärlichen in ihm aufgeschwemmten häutigen Fetzen befreit worden war, hinsichtlich seiner optischen Wirksamkeit im Polarisationsapparate geprüft und endlich im Recipienten einer Luftpumpe über concentrirter Schwefelsäure bei Zimmertemperatur und stark vermindertem Atmosphärendruck fast zur völligen Trockniss eingedickt.“

Die Drehung ergab, auf Traubenzucker berechnet, 0,03%, auf Paramilchsäure berechnet, 0,56—0,84%. Nach möglichstem Abdampfen des Wassers im luftverdünnten Raum löste Grünhagen den restirenden syrupösen Krystallbrei in 10 ccm Alcohol absolutus und bestimmte die Drehung des alkoholischen Extraktes. Diese war verhältnissmässig höher als die des wässerigen Abdampfrückstandes. Grünhagen schliesst hieraus, dass die rechtsdrehende Substanz vollständig vom Alkohol aufgenommen worden sei. Nach Verdunsten des Alkohols hinterblieb ein brauner, stark sauer reagirender Syrup, „welcher, in wenig Kalkwasser aufgenommen, etwas oxalsauren Kalk ausfallen liess, mit Hefe versetzt aber nicht gährte und alkalische Kupferlösung zwar in der Wärme entfärbte, aber keine deutliche Ausscheidung von Kupferoxydul bewirkte.

War der Krystallbrei des eingetrockneten Kammerwassers mit Alcohol absolutus vollständig erschöpft, so wurde der Rückstand auch noch mit 10 ccm Wasser zusammengerieben, die kaum getrübte Lösung nach längerem, ruhigen Stehen abgegossen und aus derselben durch Filtriren ein völlig farbloses klares Filtrat gewonnen. Dieses wässerige Extrakt zeigte sich im Polarisationsapparat optisch durchaus unwirksam, reducirte dagegen bei Erhitzung alkalische Kupferoxydlösung in sehr ausgiebigem Maasse, und zwar unter reichlicher Ausscheidung gelben Kupferoxyduls. Die Rechtsdrehung des eingeengten humor aqueus wird mithin durch einen nicht reductionsfähigen Körper bedingt, und der reductionsfähige Körper hat keine rechtsdrehende optische Kraft. Optische Wirksamkeit und Reductionsvermögen sind folglich im Falle des humor aqueus nicht gemeinsame Eigenschaften eines einheitlichen Stoffes, sondern jede dieser Eigenschaften hat ihre eigene stoffliche Unterlage.“

Der reductionsfähige Körper wird, wie Grünhagen angibt, durch Bleiessig und Ammoniak, nicht aber durch Jodquecksilber-Jodkalium gefällt, ist optisch unwirksam, reducirt dagegen alkalische Kupfer- und Quecksilberlösung in der Wärme.

Ohne auf diese Untersuchungen Grünhagen's Bezug zu nehmen, wiederholt Jesner in einem Artikel der Berliner klinischen Wochenschrift[1]) seine früheren Behauptungen[2]). Veranlasst durch einen Vortrag Minkowski's[3]), in dem derselbe auf die von Lépine betonte Thatsache des Zuckerschwundes im entleerten Blut bei Brutschranktemperatur zu sprechen kommt, stellt er von neuem den Satz auf:

„Im humor aqueus, ebenso wie im Glaskörper und der Cerebrospinalflüssigkeit ist durch die Trommer'sche Probe, die Gährungsprobe und das Polaristrobometer stets Zucker nachweisbar. Negative Versuchsergebnisse anderer Autoren sind auf mangelhafte Untersuchungsmethoden zurückzuführen; bei den geringen Zuckermengen, um welche es sich handelt, bedarf es besonderer Sorgfalt und Uebung."

Ueber die vorliegende Literatur habe ich absichtlich ausführlicher berichtet. Der kritische Leser wird ohne weiteres zugeben, dass der Zuckernachweis, wie ihn Chabbas, Jesner und Kuhn geführt haben, den heutigen Anforderungen der Wissenschaft durchaus nicht genügt.

Es erschien daher angebracht, die Untersuchungen von neuem aufzunehmen, besonders da die negativen Resultate von Michel und Wagner einerseits und von Grünhagen andererseits vorliegen.

Es handelte sich darum, den Zuckernachweis nicht durch die gewöhnlichen Zuckerproben zu führen, sondern den Zucker entweder in Substanz darzustellen oder in einer charakteristischen Verbindung. Da die Zuckermengen, die sich im Glaskörper und humor aqueus finden konnten, sicher nur sehr gering waren, so glaubte ich von vorneherein auf die Darstellung des Zuckers in

---

1) Jesner, Zur Frage eines glykolytischen Fermentes. Berl. klin. Wochenschrift Bd. 29 S. 17.

2) s. o.

3) Minkowski, Weitere Mittheilungen über den Diabetes mellitus nach Entfernung des Pankreas. Berl. klin. Wochenschr. Bd. 29 S. 5.

Substanz oder in Form der Kochsalzverbindung verzichten zu müssen. Es konnte nur die Darstellung in Form des Osazons versucht werden.

Die Untersuchungen wurden grösstentheils an Ochsenaugen angestellt, da sie am leichtesten zu beschaffen waren. Kalbs-, Hammel-, Hunde- und Kaninchenaugen wurden nur gelegentlich untersucht.

Um eine Zersetzung des Zuckers möglichst auszuschliessen, nahm ich stets nur ganz frische Augen in Arbeit; günstig war in dieser Beziehung auch die Ausführung der Untersuchungen während des Winters.

Im Ganzen wurden 600 Ochsenaugen verarbeitet.

Nachweis von Traubenzucker im Glaskörper.

Der Glaskörper wurde zunächst, wie es oben bei der Untersuchung auf Harnstoff angegeben ist, nach Entleerung des humor aqueus dem Bulbus entnommen, dann aber nicht zerschnitten und filtrirt, sondern, um eine mehr gleichmässige, leicht bewegliche Flüssigkeit zu erhalten, durch Schlagen mit einem Glasstabe zertheilt oder durch die feinen Poren einer Nutsche gesaugt.

Im Durchschnitt lieferten die Glaskörper von 20 Ochsenaugen 300—310 ccm Filtrat.

Die im siedenden Wasserbade erhitzte Flüssigkeit versetzte ich anfänglich zur Koagulation des Eiweisses vorsichtig mit sehr verdünnter Essigsäure. Es schied sich stets ein ziemlich grobflockiger, weisser Niederschlag ab, der mit möglichst wenig Wasser gut ausgewaschen wurde.

Um einerseits eine Einbusse von dem etwa vorhandenen Zucker durch längeres Erhitzen möglichst zu verhüten, andererseits um der Zersetzung der Mukoïdsubstanz vorzubeugen, deren Spaltung nach den Untersuchungen Mörner's[1]) einen reducirenden Körper liefert, wählte ich später folgendes Verfahren:

Das in der beschriebenen Weise gewonnene, alkalisch reagirende Glaskörperfiltrat wurde in der Kälte durch vorsichtigen Zusatz sehr verdünnter Essigsäure neutralisirt, um mit dem dreifachen Volumen

1) Th. Mörner, Untersuch. der Proteïnsubstanzen in den lichtbrechenden Medien des Auges. Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 18 S. 244 ff.

96%igen Alkohols versetzt[1]) und gut durchgeschüttelt zu werden. Nach 12stündigem Stehen hatte sich stets ein flockiger, mit schleimigen Gerinnseln vermischter Niederschlag gebildet.

Das völlig klare Filtrat wurde nach dem Verjagen des Alkohols bei möglichst niedriger Temperatur auf etwa 1/5 des Volumens der genuinen Glaskörperflüssigkeit eingeengt. Als die hierbei sich noch abscheidenden Flöckchen abfiltrirt waren, erwies sich die Flüssigkeit völlig eiweissfrei.

Ihre Reductionsfähigkeit wurde stets mit frisch bereiteter, auf ihre Brauchbarkeit untersuchter Fehling'scher Lösung im siedenden Wasserbade geprüft.

Schied sich deutlich Kupferoxydul aus — und das war bei den möglichst kurz nach der Tödtung untersuchten Augen stets der Fall —, so wurde der Rest der Flüssigkeit zur Darstellung des Osazons verwandt. 50 ccm Flüssigkeit wurden mit 1,0 g salzsauerem Phenylhydrazin und 2,0 g Natriumacetat 1/2—1 Stunde im siedenden Wasserbade erhitzt und darauf langsam abgekühlt. Es schied sich schon während des Erhitzens ein beim späteren Erkalten der Flüssigkeit noch zunehmender gelber Niederschlag aus. Die mikroskopische Untersuchung ergab, dass er nur oder grösstentheils aus gelben Nadeln bestand, deren Form und Gruppirung zu Büscheln und Garben für Dextrosazon sprach. Durch Waschen mit kaltem und heissem Wasser, mit kaltem Alkohol und Aether liess sich das Osazon leicht rein erhalten. Bei so fortgesetzter Darstellung gelang es, soviel reines Osazon zu gewinnen, dass nicht nur mehrere Schmelzpunktbestimmungen, sondern auch eine Stickstoffbestimmung ausgeführt werden konnten.

Präparate von verschiedenen Darstellungen zeigten stets einen Schmelzpunkt von 204° C. Uebrigens wurde die Vorsicht gebraucht, dass ich stets von dem Osazon des Glaskörpers und von einem frisch dargestellten reinen Dextrosazon gleichzeitig eine Schmelzpunktbestimmung vornahm. Beide Präparate schmolzen gleichzeitig und gleichartig.

---

1) Zu sämmtlichen Untersuchungen wurde ein und derselbe Alkohol verwandt, von dem ich mich zuvor überzeugt hatte, dass er absolut zuckerfrei war.

Bei der Stickstoffbestimmung lieferten 0,1417 g Substanz 18,5 ccm N bei 9° C. und 745 mm Barometerstand.

Berechnet für Dextrosazon:	Gefunden:
15,64% N	15,39% N.

Krystallform, Schmelzpunkt und Stickstoffbestimmung beweisen, dass es sich um Dextrosazon handelt.

Soweit unsere jetzigen Kenntnisse reichen, konnte dieses Osazon nur aus Traubenzucker, Fruchtzucker oder Rohrzucker hervorgegangen sein. Da der Rohrzucker bis jetzt im thierischen Organismus nirgends gefunden worden ist, so kommt ausser der Dextrose nur die Lävulose in Betracht, die, wenn auch nicht im Harn der Thiere, so doch des Menschen unter pathologischen Verhältnissen aufgetreten ist.

Mittelst der Seliwanoff'schen[1]) Reaction, durch welche sehr geringe Mengen von Inulin, Lävulose und Rohrzucker nachgewiesen werden können, gelang es sicher zu entscheiden, dass das Osazon des Glaskörpers nicht von Lävulose herrühren konnte.

1 ccm der auf 1/5 des ursprünglichen Volumens eingeengten, enteiweissten Glaskörperflüssigkeit wurde mit einigen Krystallen Resorcin und 3 ccm einer mit dem doppelten Volumen Wasser verdünnten starken Salzsäure zum Sieden erhitzt. Bei Gegenwart von Lävulose, selbst in minimaler Menge, hätte Rothfärbung auftreten müssen. Die Prüfung fiel stets negativ aus.

Der Glaskörper des Ochsen enthält demnach thatsächlich Traubenzucker.

Von dem Osazon, das ich aus Glaskörpern von Kälbern, Hämmeln, Hunden und Kaninchen darstellte, begnügte ich mich, festzustellen, dass es mikroskopisch dem Dextrosazon glich.

Auf eine quantitative Bestimmung des Traubenzuckers im Glaskörper habe ich schon deshalb verzichtet, weil sie mit den vorhandenen Methoden nicht genügend scharf ausführbar schien.

Dass der Traubenzucker abnimmt, wenn der Glaskörper erst spät dem Bulbus entnommen wird, davon habe ich mich mehrfach überzeugen können; denn

1) Seliwanoff, Notiz über eine Fruchtzuckerreaction. Berichte der deutsch. chem. Ges. 1887, Bd. 20 H. 1 S. 181.

1) reducirte die in der oben beschriebenen Weise gewonnene Glaskörperflüssigkeit, wenn sie von Augen stammte, die erst 24 Stunden nach dem Tode der Thiere verarbeitet wurden, in der Regel deutlich schwächer, als wenn die Augen frisch zur Untersuchung kamen; —

2) gelang es mir nie, aus der Glaskörperflüssigkeit von Augen, die spät untersucht wurden, ein Osazon darzustellen, das ich unter sonst gleichen Verhältnissen aus ganz frischen Augen stets gewann.

Nachweis von Traubenzucker im humor aqueus.

Während Jesner und Kuhn zur Entnahme des humor aqueus eine Pravaz'sche Spritze benutzten, bediente ich mich, um die Gefahr des Ansaugens anderer Augenbestandtheile auszuschliessen, wie schon oben erwähnt, eines kleinen Troikarts.

Das Eiweiss wurde in der für die Glaskörperflüssigkeit bereits beschriebenen Weise coagulirt. Als die Flüssigkeit auf $^1/_3$ Volumen des genuinen Kammerwassers eingedampft wurde, schieden sich noch einige Flöckchen aus, nach deren Entfernung das Filtrat sich als vollkommen eiweissfrei erwies.

In allen Fällen konnte zunächst durch eine Vorprüfung der Flüssigkeit mit Fehling'scher Lösung in der oben beschriebenen Weise ein reducirender Körper nachgewiesen werden, während die Seliwanoff'sche Reaction stets negativ ausfiel. Den von je 50 Ochsenaugen resultirenden Rest der Flüssigkeit, der durchschnittlich 20 ccm betrug, versetzte ich zur Darstellung eines Osazons mit 0,5 g salzsauerem Phenylhydrazin und 1,0 g Natriumacetat. Es schied sich auch hier schon während des Erhitzens ein beim Erkalten der Flüssigkeit noch zunehmender gelber, krystallinischer Niederschlag aus, der vorwiegend dieselben charakteristischen Formen des Dextrosazons zeigte wie das Osazon des Glaskörpers.

Die zu verschiedenen Zeiten dargestellten Osazone wurden vereinigt und durch Waschen mit kaltem und heissem Wasser, mit kaltem 96%igen Alkohol und schliesslich mit Aether gereinigt. Das Endproduct war von citronengelber Farbe und schmolz bei dreimal vorgenommener Bestimmung des Schmelzpunktes stets bei 204° C.

Eine Stickstoffbestimmung oder eine Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung auszuführen, dazu war die Menge des von 600 Ochsenaugen dargestellten Osazons nicht hinreichend.

Wie im Kammerwasser der Ochsenaugen, so konnte auch in dem von ganz frischen Kalbs- und Hammelsaugen ein reducirender Körper nachgewiesen werden; ebenso liess sich ein Osazon gewinnen, dessen mikroskopisches Verhalten ganz dem aus Ochsenaugen dargestellten entsprach.

Dass der humor aqueus ganz frischer Ochsenaugen Traubenzucker enthält, scheint mir hierdurch genügend bewiesen zu sein; mindestens wahrscheinlich gemacht ist seine Gegenwart im Kammerwasser vom Kalb und Hammel.

Mehrmals habe ich mich davon überzeugt, dass, wenn das Kammerwasser etwa 18 Stunden im Auge verblieb, unter sonst gleichen Verhältnissen nicht nur die Reduction geringer ausfiel, sondern auch die Darstellung der Osazonnadeln misslang.

Die Möglichheit, dass das Kammerwasser noch einen weiteren reducirenden Körper enthält, kann und soll auf Grund dieser Untersuchung nicht in Abrede gestellt werden.

III.

Enthält der Glaskörper und der humor aqueus Paramilchsäure?

Ueber das Vorkommen von Paramilchsäure in den Augenflüssigkeiten existirt nur eine Angabe von Grünhagen[1]), und zwar bezieht sich diese nur auf das Kammerwasser.

Wie bereits oben erwähnt, hält Grünhagen den rechtsdrehenden Körper im humor aqueus für Paramilchsäure, da Zucker wie Glykuronsäure in Folge Fehlens des Reductionsvermögens auszuschliessen seien. Diese Annahme sucht er durch die Thatsache zu stützen, dass ihm sowohl im eingedampften humor aqueus, wie im alkoholischen Auszug, wie auch im frischen Kammerwasser die

1) Grünhagen, Zur Chemie des humor aqueus. Nach Untersuchungen von Kuhn. Pflüger's Arch. Bd. 43 S. 377.

von Uffelmann[1]) beschriebene Eisenchloridreaction gelang. Zur weiteren Charakterisirung des rechtsdrehenden Körpers als Paramilchsäure versuchte Grünhagen sie als Zinksalz nach folgendem Verfahren zu isoliren:

Aus dem alkoholischen Extrakt verjagte er den Alkohol, säuerte den bräunlichen, syrupösen Rückstand mit verdünnter Schwefelsäure an, schüttelte ihn mit Aether aus, löste den nach Entfernung des Aethers verbleibenden Rückstand in wenig Wasser und kochte diese Lösung mit kohlensauerem Zinkoxyd.

Bei der Untersuchung der nach Ausschüttlung mit Aether verbleibenden schwefelsaueren Lösung, die er durch Wasserzusatz auf das Volumen des Alkoholextraktes gebracht hatte, fand Grünhagen eine deutliche Abnahme der Rechtsdrehung. Das Filtrat der mit Barytwasser neutralisirten Flüssigkeit dampfte er zum Syrup ein, den er mit Eisenchlorid prüfte. Aus dem Fehlschlagen der Probe schliesst Grünhagen, dass durch Schütteln der schwefelsaueren Lösung mit Aether alle Paramilchsäure in den Aether übergegangen sei, dass aber andererseits noch ein weiterer rechtsdrehender Körper an der Rechtsdrehung des humor aqueus Theil habe.

Da „die mit Zinkoxyd gekochten Aetherrückstände die Polarisationsebene immer noch nach rechts drehten, obwohl die Paralaktate nach den übereinstimmenden Angaben aller Beobachter im Gegensatz zur freien Säure linksdrehende Wirkung besitzen, musste wohl als erwiesen angesehen werden, nicht allein, dass neben der Milchsäure eine andere noch unbekannte rechtsdrehende Substanz dem Alkoholextract des Kammerwasserrückstandes beigemischt ist, sondern dass diese unbekannte Substanz nur bei gleichzeitiger Anwesenheit von Milchsäure von Aether aufgenommen wird“.

Ueber die Natur dieses Körpers äussert sich Grünhagen nicht.

Seine Behauptung, dass das Kammerwasser Paramilchsäure enthält, stützt Grünhagen demnach durch die beobachtete Rechtsdrehung des Kammerwassers, durch die Thatsache, dass sowohl der frische humor aqueus wie sein Alkoholätherextract die Uffel-

1) J. Uffelmann, Ueber die Methode der Untersuchung des Mageninhaltes auf freie Säuren. Versuche an einem Gastrotomirten. Deutsch. Arch. f. klin. Medic. Bd. 26 S. 431.

mann'sche Eisenchloridreaction gibt, und endlich dadurch, dass er bei der mikroskopischen Untersuchung des auf die oben beschriebene Weise dargestellten Zinksalzes Krystalle von der Form des paramilchsauren Zinks beobachten konnte. Eine Reindarstellung und Analyse des Zinksalzes, die absolut nothwendig gewesen wäre und erst den Beweis hätte liefern können, ob es sich wirklich um Paramilchsäure handelt oder nicht, hat er nicht versucht. Die Rechtsdrehung kann er als Beweis für die Richtigkeit seiner Behauptung kaum anführen, da es ihm nicht gelang, die der freien Säure entgegengesetzte Drehung des Zinksalzes zu constatiren. Ganz dasselbe gilt von der Uffelmann'schen Reaction, die alle drei Milchsäuren und noch andere Körper geben, und von der Krystallform des Zinksalzes, und zwar umsomehr, als es sich nicht um ein reines Salz handeln konnte. Schon Böhm[1]) hat darauf hingewiesen, dass „der Aether beim Schütteln mit wässeriger Schwefelsäure beträchtliche Mengen von Schwefelsäure aufnimmt, welche . . . . mit Zinkoxyd oder kohlensaurem Zink digerirt, schwefelsaures Zink geben". Letzteres krystallisirt aber unter Umständen in Formen, die sich mikroskopisch von Zinkparalaktat nicht unterscheiden lassen. Da Grünhagen nicht angibt, ob er das Aetherextract auf Schwefelsäure geprüft hat, so könnte es sich mindestens zum Theil sehr wohl um schwefelsaures Zink gehandelt haben.

Wenn Grünhagen[2]) schliesslich sagt: „Die beigebrachten Beweisgründe dürften genügen, um das Vorhandensein von Paramilchsäure im humor aqueus ausser Frage zu stellen," so darf ich ihm eine Kritik entgegenhalten, der Nencki und Sieber[3]) die früheren Angaben über das Vorkommen von Milchsäure im menschlichen Harn unterziehen. Zu dem Ergebniss kommend, dass nur bei acuter Leberatrophie und Phosphorvergiftung von Schultzen und Riess und bei Trichinose von Wiebel aus dem Harn Milchsäure dargestellt und analysirt, also mit Sicherheit nachgewiesen wurde, sagen sie: „Alle übrigen Angaben über Milchsäure im Harn

1) Böhm, Ueber das Verhalten des Glykogens und der Milchsäure im Muskelfleisch mit besonderer Berücksichtigung der Todtenstarre. Pflüger's Arch. Bd. 23 S. 44.

2) a. a. O. S. 383.

3) Journal f. prakt. Chemie Bd. 26 S. 1 u. 42.

bei Gesunden und Kranken beschränken sich auf nichts beweisende Darstellung von Krystallen durch Kochen des Aetherextractes mit Zinkhydroxyd und deren mikroskopische Besichtigung, nachdem der Harn vorher in mehr oder weniger zweckmässiger Weise verarbeitet wurde."

Nachweis von Paramilchsäure im Glaskörper.

Wie bereits erwähnt, wurde dasselbe Material gleichzeitig zum Nachweis von Harnstoff und Paramilchsäure benutzt. Von dem Aetherextract des enteiweissten, auf 200 ccm eingedampften und mit Schwefelsäure angesäuerten Rückstandes von 7380 ccm Glaskörperflüssigkeit wurde der Aether abdestillirt resp. verjagt. Es hinterblieb ein gelblicher, stark sauer reagirender Syrup, der sich auf Wasserzusatz trübte. Da die wässrige Lösung noch eine Spur Schwefelsäure enthielt, so wurde sie mit Wasser auf 100 ccm Flüssigkeit gebracht und aufs Neue achtmal je eine Stunde mit Aether ausgeschüttelt. Die wässrige Lösung des nunmehr völlig schwefelsäurefreien Aetherextractes wurde heiss mit Zinkcarbonat im Ueberschuss versetzt und das klare, kaum gefärbte, neutral reagirende Filtrat zunächst auf dem Wasserbade bei gelinder Temperatur, dann im Vacuum über Schwefelsäure eingeengt.

Da die zähe bräunliche Masse keine Neigung zur Krystallisation zeigte, rührte ich sie mit dem vierfachen Volumen absoluten Alkohols gut durch. Nach einiger Zeit schieden sich Krystalle von der Form des fleischmilchsauren Zinkes ab, die zunächst mit Alkohol gewaschen, dann abgepresst und aus Wasser umkrystallisirt wurden. Der zum Waschen benutzte Alkohol wurde mit der alkoholischen Lösung, aus der sich die Krystalle abgeschieden hatten, vereinigt. Das Gemisch zeigte, im Halbschattenapparat untersucht, eine Drehung von — 0,5 % (auf Traubenzucker bezogen). Nach weiterem 24stündigem Stehen schieden sich aus dieser Lösung noch mehr Krystalle ab, die aus radiär gestreiften Kugeln bestanden, nach dem Umkrystallisiren jedoch ebenfalls die gewöhnliche Form des fleischmilchsauren Zinkes annahmen. In dem alkoholischen Filtrat schien die krystallinische Ausscheidung nach Verlauf von 14 Tagen beendet zu sein; ihre mikroskopische Untersuchung liess ebenfalls die Formen des fleischmilchsauren Zinkes erkennen.

Die verschiedenen Krystallisationen wurden, um jede Zersetzung durch Erwärmen zu vermeiden, in kaltem Wasser gelöst, im Vacuum über Schwefelsäure eingeengt und von Neuem zur Abscheidung gebracht, um schliesslich abgepresst zu werden. Vereinigt und noch viermal umkrystallisirt, stellten sie ein schneeweisses Salz dar, das zu den Analysen diente.

Krystallwasserbestimmung.

0,4375 g reinsten, so erhaltenen Zinksalzes verloren beim Erhitzen auf 110 ° C. 0,0564 g Wasser.

Berechnet für $(C_3H_5O_3)_2 + 2\,H_2O$:	Gefunden:
12,90 % H_2O.	12,89 % H_2O.

Kohlenstoff-Wasserstoff- und Zinkbestimmung.

0,1939 g krystallwasserfreier Substanz gaben

0,2094 g CO_2,
0,0740 g H_2O und
0,0648 g ZnO.

Berechnet für $(C_3H_5O_3)_2$ Zn:	Gefunden:
C 29,63 %	C 29,45 %
H 4,12 %	H 4,24 %
Zn 26,75 %	Zn 26,82 %.

Das sehr geringe Plus von Zink erklärt sich daraus, dass dem Zinkoxyd im Schiffchen eine Spur fein vertheiltes Kupferoxyd aus dem Verbrennungsrohr sich beigemischt hatte.

Polarimetrische Bestimmung.

Eine wässrige Lösung des krystallwasserhaltigen Zinksalzes, die in 10 ccm 0,4419 g enthielt, ergab als Mittel von zehn Ablesungen eine Drehung von — 0,6 % (auf Traubenzucker bezogen). Daraus berechnet sich die specifische Drehung der Substanz

$$(\alpha)\,D = -7{,}21.$$

In seiner Arbeit über die Fleischmilchsäure sagt Wislicenus[1]): „Man wird nicht weit fehlen, wenn man das optische Drehungsvermögen des Zinksalzes $C_6H_{10}ZnO_6 + 2\,H_2O = -7{,}6$ bis $-7{,}7$ setzt.“ Da sich die specifische Drehung von wässrigen Lösungen des fleischmilchsauren Zinkes bei Abnahme der Concentration nach

1) Liebig's Ann. Bd. 167 S. 333.

Wislicenus zu vermehren scheint, Bestimmungen von derselben Concentration, wie in unserem Fall, aber nicht vorliegen, so dürfte der hier gefundene Werth eine wohl genügende Uebereinstimmung zeigen.

Um auch die entgegengesetzte Drehung der freien Säure zu constatiren, wurde die zur Bestimmung der specifischen Drehung benutzte Lösung des Zinksalzes durch Schwefelwasserstoff zersetzt und aus dem Filtrat der Schwefelwasserstoff durch Einleiten von Kohlensäure ausgetrieben.

Zur Verhütung der Bildung von Milchsäurederivaten, die beim Erwärmen wässeriger Milchsäurelösungen nach den Erfahrungen von Wislicenus entstehen können, wurde die Lösung, welche übrigens stark sauer reagirte und die Uffelmann'sche Reaction gab, im Vacuum über Schwefelsäure auf 10 ccm eingeengt.

Im Halbschattenapparat konnten drei geübte Beobachter in je 10 Ablesungen ausnahmslos eine schwache, aber deutliche Rechtsdrehung constatiren.

Damit dürfte hinreichend bewiesen sein, dass der Glaskörper Paramilchsäure resp. ein oder mehrere Salze der Säure enthält.

Die oben beim Nachweis des Traubenzuckers erwähnte Beobachtung, dass die völlig eiweissfreie, auf $^1/_5$ des ursprünglichen Volumens eingeengte Glaskörperflüssigkeit deutliche Linksdrehung zeigt, würde sich durch den Gehalt an paramilchsaueren Salzen ungezwungen erklären lassen.

Nachweis von Paramilchsäure im humor aqueus.

Der enteiweisste, auf 100 ccm eingedampfte und mit Schwefelsäure angesäuerte Rückstand von 815 ccm Kammerwasser wurde 36 Stunden im Schwarz'schen Apparat mit Aether extrahirt (s. o. bei dem Nachweis von Harnstoff im humor aqueus). Als Aetherextrakt hinterblieb in geringer Menge ein bräunlicher Syrup, der, frei von Schwefelsäure, die Uffelmann'sche Reaction gab. Die heisse wässerige Lösung des Syrups versetzte ich mit Zinkcarbonat im Ueberschuss. Das völlig klare, gelbliche, neutral reagirende Filtrat wurde zunächst im Vacuum über Schwefelsäure eingeengt, dann der freiwilligen Verdunstung überlassen.

Erst nach Zusatz des vierfachen Volumens absoluten Alkohols zu der eingeengten Lösung schieden sich Krystalle von der Form des paramilchsaueren Zinkes aus. Die abgepresste, noch leicht gelb gefärbte Substanz wurde in wenig Wasser gelöst und darauf mit dem vierfachen Volumen Alkohol versetzt. Nach mehrfachem Umkrystallisiren verblieben noch 0,06 g Substanz.

Da die Menge zu gering war, um die specifische Drehung und den Krystallwassergehalt zu bestimmen, sowie eine Elementaranalyse auszuführen, so musste ich mich begnügen, festzustellen, dass das Zinksalz die Uffelmann'sche Reaction gab, organischer Natur war, keinen Stickstoff enthielt und beim Veraschen Zinkoxyd hinterliess.

Diese Eigenschaften des Salzes sowie die Krystallform lassen es höchstens vermuthen, dass es sich um paramilchsaueres Zink handelt.

Eine sichere Entscheidung über die Natur des Salzes dürfte wohl erst von der Verarbeitung einer etwa zehnfachen Menge des Rohmaterials zu erwarten sein.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer und Chef, Herrn Professor Külz, für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die mir in reichem Maasse bei derselben zu Theil gewordene Unterstützung meinen innigsten Dank auszusprechen.

Ueber die Fortleitung der Erregung im wasserstarren Muskel.

Von

Dr. **Karl Kaiser,**

Privatdozent der Physiologie.

(Aus dem physiologischen Institut in Heidelberg.)

In seiner Arbeit über die Einwirkung des Aethers auf einige elektrische Erscheinungen an Muskeln und Nerven[1]) gibt Biedermann an, dass der durch Wasser seiner Contractilität beraubte Froschsartorius nicht nur auf elektrischem Wege erregt werden könne, sondern auch im Stande sei, diese Erregung fortzuleiten. Wird nur das eine oder das andere Ende des Sartorius durch Wasser starr gemacht, so können durch elektrische Reizung der wasserstarren Hälfte Contractionen in der unveränderten, zuckungsfähigen Hälfte des Sartorius ausgelöst werden.

Diese Angaben haben in neuester Zeit durch Engelmann[2]) eine Bestätigung gefunden, der diese von Biedermann entdeckte Eigenschaft des wasserstarren Muskels für die Untersuchung der Beziehung des Vorhofes zum Ventrikel des Froschherzens verwerthete.

Im Anschluss an die Biedermann'schen Beobachtungen habe ich versucht, von dem wasserstarren, contractionsunfähigen Sartorius aus secundäre Zuckungen zu erzielen. Die Versuche gelangen so gut, dass ich ohne weiteres geneigt war, der Biedermann'schen Lehre von der Erregbarkeit des wasserstarren Muskels

1) Biedermann, Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wiss. Bd. 97 Abth. 3 S. 101, 1888—89.

2) Engelmann, Pflüger's Archiv 1894 S. 68.

und der Fortleitung der Erregung in demselben beizutreten. Ein genaueres Studium der Bedingungen jedoch, deren Erfüllung für das Auftreten der secundären Zuckung nothwendig war, sowie gewisse Unregelmässigkeiten in der Erscheinungsweise des Phänomens führten mich dazu, die Frage nach der Fortleitung der Erregung im wasserstarren Muskel einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen.

Was nun zunächst die elektromotorische Wirksamkeit des wasserstarren Sartorius betrifft, so kann ich die Beobachtungen Biedermann's im Allgemeinen bestätigen. Legt man dem curarisirten, durch Wasser seiner Contractilität vollständig beraubten Muskel einen Querschnitt an und leitet in bekannter Weise zum Capillarelektrometer ab, so zeigt sich ein Längsquerschnittstrom, der allerdings an Stärke dem Ruhestrom eines curarisirten, aber contractionsfähigen Sartorius nicht unbeträchtlich nachsteht. Zum Vergleich wurden immer nur die beiden Sartorien desselben Frosches gewählt und der Querschnitt beiden möglichst gleichmässig, an identischen Stellen angelegt. Der Ruhestrom des wasserstarren Sartorius war stets um 20 bis 30 % geringer als der des unveränderten Muskels.

Niemals aber habe ich, selbst bei stärkster elektrischer Reizung, auch nur eine Andeutung einer negativen Schwankung des Ruhestromes beobachtet.

Entsprechen die von Biedermann beobachteten elektrischen Erscheinungen in der That einer Erregung des Muskels, so war mir die Fortleitung dieser Erregung durch das vollständige Ausbleiben der negativen Schwankung mindestens sehr zweifelhaft geworden.

Setzt man einen stark curarisirten Sartorius 20—30 Minuten der Einwirkung von destillirtem Wasser aus, legt der Bauchseite des Muskels einen secundären Nerven in günstigster Anlage an und reizt den wasserstarren Muskel an einer von dem secundären Nerven möglichst entfernten Stelle mit Inductionsströmen, welche den curarisirten aber contractionsfähigen Sartorius der anderen Seite desselben Frosches in maximalen Tetanus versetzen, so beobachtet man niemals secundären Tetanus oder secundäre Zuckung. Erst wann man die Ströme noch bedeutend verstärkt, tritt die erwartete

Ercheinung ein. Diese bleibt aber dann auch nicht aus, wenn man den wasserstarren Muskel zwischen Nerv und Elektroden durchschneidet und die Schnittflächen sorgfältig aneinander legt, oder durch eine capillare Schicht von 0,5 % Kochsalzlösung oder ein mit dieser Lösung befeuchtetes Fliesspapierstückchen in leitende Verbindung bringt. Es handelt sich also um Stromschleifen!

Ist die Wasserwirkung keine vollständige, sind noch einzelne im Innern des Muskels gelegene Fasern contractionsfähig, so treten secundäre Zuckungen schon bei schwächeren Stromstärken auf; aber man erhält diese Wirkung nicht von allen Stellen des Muskels, sondern nur durch Reizung bestimmter, nämlich der noch contraktionsfähigen Fasern, wovon man sich durch bipolare Abtastung sehr leicht überzeugt.

Am einfachsten und übersichtlichsten gestaltet sich der Versuch, wenn man nur einen Theil des Sartorius, etwa ein Drittel desselben, wasserstarr macht, diesem den secundären Nerven anlegt und den contractionsfähigen Theil reizt. Während des stärksten Tetanus beobachtet man keine Spur einer secundären Wirkung.

Es sei an dieser Stelle auf eine Vorsichtsmaassregel hingewiesen, die sich eigentlich von selbst versteht, die zu erwähnen ich aber doch nicht unterlassen möchte, und die auch für die folgenden Versuche nicht ohne Bedeutung ist.

Bedient man sich nämlich bei der Ausführung der beschriebenen Versuche der Handelektroden und führt man die Reizung des wasserstarren Muskels so aus, dass man bei spielendem Hammer die Elektroden mit der Hand dem Muskel anlegt, so beobachtet man schon bei relativ schwachen Strömen secundäre Zuckung. D i e s e b e r u h t a b e r a u f u n i p o l a r e r R e i z u n g ! Man wird nämlich bei der angegebenen Art der Reizung in der weitaus grössten Zahl der Fälle nicht mit beiden Elektroden genau gleichzeitig den Muskel berühren, sondern, wenn auch schnell hinter einander, erst mit der einen und dann mit der anderen. Im Moment aber, wo die eine Elektrode den Muskel berührt, ergiesst sich freie Elektricität von hoher Spannung durch diesen, den ihm angelegten secundären Nerven und den dazu gehörigen Unterschenkel, also durch das ganze wohl isolirte Präparat, das einen

Leiter von genügend grosser Oberfläche repräsentirt, und der Muskel zuckt!

Da nun diese Zuckung die erwartete Erscheinung darstellt, so wird man leicht den Versuch als gelungen ansehen, die Elektroden wieder entfernen, wobei in der Regel auch eine Zuckung auftritt, und so einer Täuschung anheimfallen.

Es ist also bei der Ausführung dieser Versuche unbedingt erforderlich, sich fest angelegter Elektroden und eines du Bois'schen Schlüssels zu bedienen.

Ich habe dann auch die von Biedermann und Engelmann angegebenen Versuche ausgeführt, also nur einen Theil des curarisirten Sartorius wasserstarr gemacht und von diesem aus den contractionsfähigen Theil zu erregen versucht.

Diese Versuche gelangen mir bei gut curarisirten Sartorien nur unter Anwendung sehr starker Ströme und dann blieb die Wirkung auch nach Durchschneidung des Muskels und leitender Verbindung der Schnittflächen nicht aus. Es handelte sich also auch hier um Stromschleifen! Ist die Wasserwirkung keine vollständige, sind noch einzelne im Innern des Muskels gelegene Fasern contractil, so sieht man schon bei schwächeren Reizen Zuckungen im contractionsfähigen Theile des Sartorius auftreten; diese beschränken sich aber auf einzelne Fasern und erscheinen auch nur dann, wenn man die entsprechenden Fasern im starren Theile reizt.

Reizt man den wasserstarren Theil des Muskels mit Ammoniak, so zwar, dass man die contractile Hälfte gegen die Einwirkung der Ammoniakdämpfe schützt, so beobachtet man niemals eine Zuckung. Ebenso wenig wirksam erweist sich Reizung der wasserstarren Hälfte durch Schnitt.

Führt man diese Versuche an unvergifteten Sartorien aus, so erhält man Zuckungen der contractilen Hälfte durch Reizung der wasserstarren schon mit schwächeren Strömen. In diesem Falle beruht die Wirkung auf rückläufiger Leitung der Erregung im Nerven, der bekanntlich dem Einfluss von destillirtem Wasser gegenüber sich lange Zeit als sehr widerstandsfähig erweist. Durchschneidet man die vom Hilus sich nach oben und unten erstreckenden

Nervenstämme, so bleibt die Reizung des wasserstarren Theiles unwirksam.

Andererseits bleibt die Wirkung bestehen, wenn man am Hilus, unter Schonung der nach beiden Seiten abgehenden Nervenstämme, den Muskel durchschneidet und die Schnittflächen von einander trennt.

Es könnte noch ein Zweifel darüber bestehen, ob nicht in einem bestimmten, vielleicht nur kurze Zeit währenden Stadium der Wasserwirkung die Contractilität zwar aufgehoben, die Leitungsfähigkeit aber noch vorhanden sei. Ich habe auch darüber zahlreiche Versuche gemacht. Ich habe von Minute zu Minute die Einwirkung des destillirten Wassers auf den Muskel verfolgt, ohne mich von dem Vorhandensein eines solchen Stadiums überzeugen zu können. Entweder war der Muskel noch contractionsfähig oder er war starr und dann seine Leitungsfähigkeit regelmässig aufgehoben.

Der wirklich wasserstarre, d. h. durch die Einwirkung von Wasser seiner Contractionsfähigkeit beraubte Muskel ist nicht mehr im Stande, die ihm an einem Orte mitgetheilte Erregung fortzuleiten.

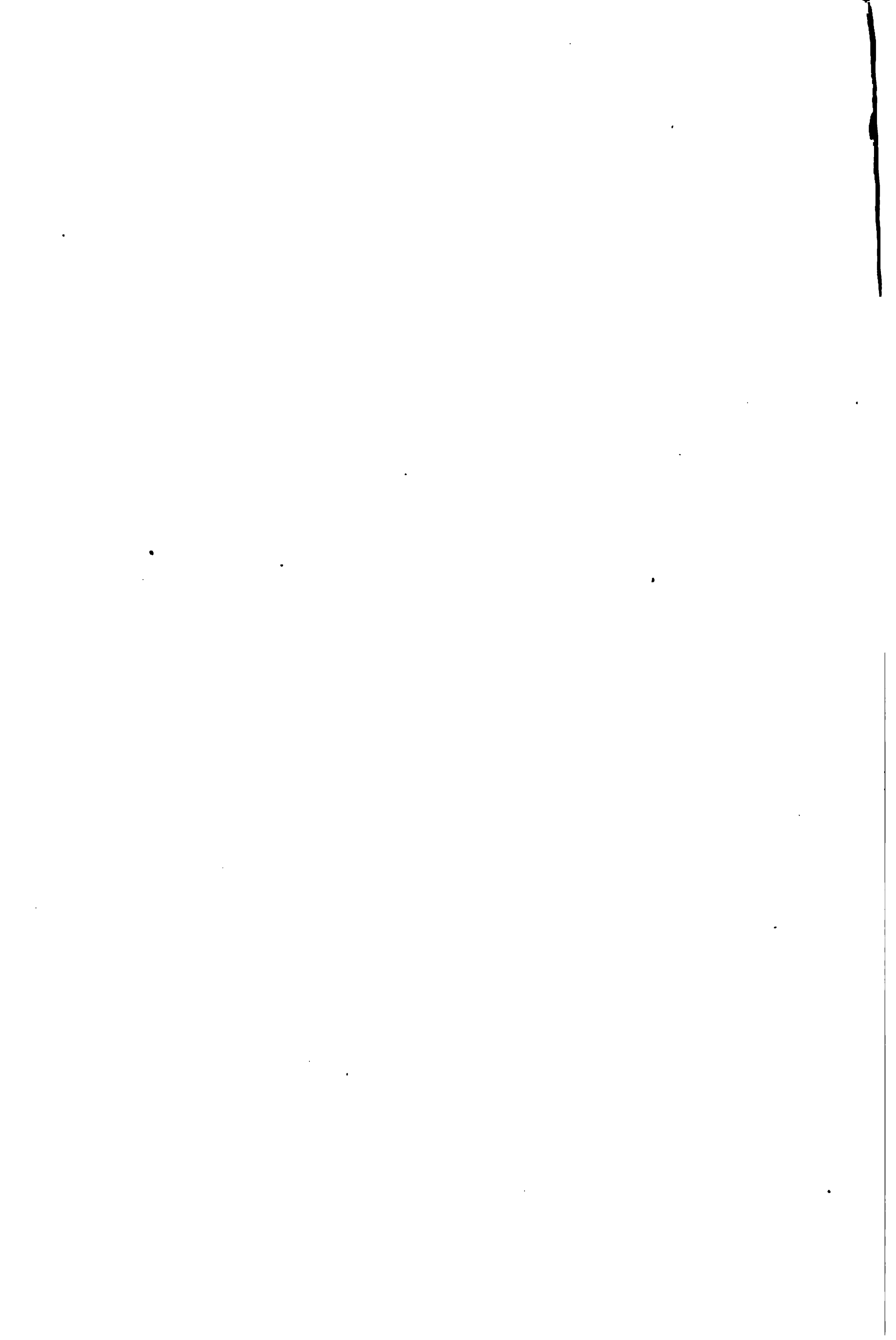
Was nun endlich die Wiederbelebung des wasserstarren Muskels betrifft, so bin ich gleichfalls nicht in der Lage, die Angaben Biedermann's bestätigen zu können. Hatte der Sartorius des Frosches durch die Einwirkung von Wasser wirklich seine Contractionsfähigkeit vollständig verloren, so gelang es mir nicht, diese auf die von Biedermann[1]) angegebene Weise wieder herzustellen. Es ist allerdings nothwendig, sich auf irgend eine Weise, am besten wohl vermittelst einer der myographischen Methoden, davon zu überzeugen, dass der mit Wasser behandelte Muskel sich wirklich auf maximale Reize nicht mehr contrahirt. Auf das Aussehen des Muskels, auf das Gequollensein allein darf man sich nicht verlassen, denn ich habe von Sartorien, die 10—15 Minuten in destillirtem Wasser gelegen hatten und ganz den Anblick wasserstarrer Muskeln boten, mit starken Reizen noch kräftige Contractionen erhalten.

---

1) W. Biedermann, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. 3. Abth. 1880, S. 38. Die wasserstarren Muskeln werden für 5—10 Minuten in 2 %ige Kochsalzlösung und dann in 0,5 %ige Kochsalzlösung gebracht.

Nach 20—30 Minuten war in der Regel die Contractionsfähigkeit vollständig geschwunden. Solche Muskeln konnte ich niemals wieder contractionsfähig machen; ebensowenig natürlich solche, die, wie Biedermann es angibt, eine Stunde lang gewässert worden waren. Die Muskeln nehmen in der Kochsalzlösung ihr normales Aussehen fast vollständig wieder an, was man namentlich an solchen, die nur zum Theil der Wasserwirkung ausgesetzt waren, sehr schön sehen kann; die Grenze zwischen dem normalen und dem vorher starren Theil ist nicht mehr zu erkennen.

Auf S. 38 der citirten Arbeit spricht Biedermann von der grösseren Durchsichtigkeit gewässerter Muskeln; auf S. 36 findet sich die Angabe, dass der 20—40 Minuten der Wasserwirkung ausgesetzte Muskel weisslichtrübe aussieht. Sollte die erstere Angabe nicht, wie ich vermuthe, auf einem Druckfehler beruhen, so möchte ich noch angeben, dass ich den wasserstarren Muskel immer nur weisslich verfärbt und trübe gefunden habe.



Chemisch-pharmakologische Untersuchung über die Manaca-Wurzel.

Von

Dr. med. et phil. J. **Brandl**,

Assistent des Institutes.

(Aus dem pharmakologischen Institute zu München.)

Der Name Manaca wird schon von Piso gebraucht und bezeichnet eine Pflanze, welche später unter dem Namen Franciscea uniflora von Pohl[1]) beschrieben worden ist. Diese Pflanze, von den einen (zuerst von Pohl) zu den Scrophularineen, von den anderen zu den Solaneen[2]) gerechnet, ist im ganzen äquatorialen Amerika verbreitet, besonders häufig in Brasilien, wo die Wurzel, sowie auch die Blätter und Stengel schon lange als Heilmittel in Gebrauch waren und von wo aus dieselbe in neuerer Zeit wieder als ein höchst wirksames Antisyphiliticum und als Heilmittel bei Scrophulose und Rheumatismus bezeichnet wurde. Obwohl schon in den ältesten pharmakognostischen Werken die Manaca als „Mercurius vegetabilis" erwähnt und Infuse von Wurzeln, Blättern und Stengeln auf ihre Heilkraft erprobt worden waren, so sind doch, soweit ich aus der mir zugänglichen Literatur ersehen konnte, erst in neuerer Zeit wenige Versuche gemacht worden, aus ihr die wirksame Substanz zu isoliren.

So bestimmte B. Erwin[3]) die mittelst verschiedener Menstruen erhaltenen Extractmengen und W. Lascelles-Scott[4]) soll in der

---

1) Martius bei J. A. Schmidt, Scrophularinae in Martius Flor. Brasil. vol. VIII pag. 338—340. Buchner's Repert. f. d. Pharm. 31, 1829, pag. 379.

2) Bentham and Hooker, Genera plant. ad exemplar. imprim. in Herbar. Kewensibus servata, definita Bd. 2 S. 911.

3) The Therap. Gaz. Juli 1880. Jahresb. pharm. N. F. 1880, 71. Zeitschr. d. allg. österr. Apoth. Ver. 18, 555.

4) Jahresb. pharm. N. F. 1887, 162.

Wurzel ein Alkaloid — das Franciscein entdeckt haben. Die umfassendste Arbeit, welche die Droge sowohl in botanischer als auch chemischer Beziehung behandelte, stammt von Lenardson [1]), welcher unter Dragendorffs Leitung vom Handelshause Parke, Davis & Comp. in Detroit Mich. U. S. A., unter dem Namen Manaca in den Handel gebrachtes Material untersuchte.

Lenardson stellte die Pflanze zu den Apocynaceen und bestimmte durch seine chemische Analyse der Droge die Menge der Bestandtheile (Lignin, Harze, Stärke, Eiweisssubstanzen etc.) und fand, dass die wirksame Substanz ihren Eigenschaften nach ein Alkaloid sei. Zur Isolirung des letzteren stellte er verschiedene Versuche an.

Er erschöpfte zuerst bei einer Temperatur von 30 bis 40° die gepulverte Droge mit schwefelsäurehaltigen (1 %) Wasser und dampfte die Flüssigkeit nach dem Filtriren auf ein geringes Volumen ein. Die sirupöse Masse liess er, mit dem vierfachen Volumen Alkohol gemischt, 12 Stunden stehen, und destillirte nach dem Filtriren den Alkohol ab. Der sauere Destillationsrückstand wurde mit Petroleumäther, hierauf mit Benzin und zuletzt mit Chloroform ausgeschüttelt. Der Petroleumaether hinterliess beim Verdunsten keinen, Benzin einen krystallinischen Rückstand, dessen wässerige Lösung sauer reagirte, stark fluorescirte, Alkaloidreactionen hingegen nicht gab. Die ins Chloroform übergegangene Substanz zeigte das gleiche Verhalten wie die aus dem Benzinauszuge erhaltene. Die mit den genannten Auszugsmitteln erschöpfte Flüssigkeit wurde hierauf alkalisch gemacht und der Reihe nach mit Petroleumaether, Benzin, Chloroform und Amylalkohol ausgeschüttelt, jedoch keines dieser Agentien nahm etwas auf.

Lenardson stellte sich hierauf einen wässerigen Auszug (ohne Anwendung von Schwefelsäure) her und kam nach dem Ausschütteln zu dem gleichen Resultate wie vorher. In der mit Schwefelsäure angesäuerten Flüssigkeit erzeugten Pikrinsäure, Jodjodkalium, Kaliumquecksilberjodid etc. Niederschläge, die Lösung selbst erwies sich nach subcutaner Applikation bei Fröschen als giftig.

Da es sich nach diesen Versuchen herausstellte, dass die giftige Substanz auf dem Wege der Ausschüttelungen nicht gewonnen

1) R. Lenardson, Inaug.-Diss. Dorpat 1884.

werden könne, fällte er das mit schwefelsäurehaltigem Wasser gewonnene Extract mit Kaliumquecksilberjodid, erhielt jedoch aus dem Niederschlage nach dem Zerlegen desselben kein Alkaloid mehr. Eine zweite Portion des genanntes Extractes wurde nach dem Entfernen der Schwefelsäure mittelst kohlensaurem Baryt auf dem Dampfbade bis zur Sirupconsistenz, darauf bei 30 bis 40° zur Trockne gebracht; dieser Trockenrückstand wurde mit Alkohol ausgekocht, das alkoholiche Extract nach dem Einengen mit Aether versetzt, wodurch ein gelber harziger Körper gefällt wurde, welcher nach dem Trocknen im Vacuum ein hellgelbes, sehr hygroscopisches Pulver darstellte. Die wässerigen Lösungen desselben wurden durch sämmtliche Gruppenreagentien auf Alkaloide gefällt und zeigten Fröschen gegenüber die gleichen giftigen Wirkungen, wie der oben erwähnte wässerige Auszug.

Für dies Alkaloid erhielt Lenardson bei der Elementaranalyse nachfolgende Zahlen:

$$\begin{aligned} C &= 47{,}71\,\% \\ H &= 6{,}10\ \text{"} \\ N &= 15{,}01\ \text{"} \end{aligned}$$

Da Lenardson bei seinen Untersuchungen zu der Erfahrung kam, dass das Alkaloid durch säurehaltiges Wasser zerlegt werde, extrahirte er eine neue Portion der Droge mit 70%igen Alkohol in der Siedehitze und dampfte das erhaltene Extract zur Entfernung des Alkohols ein, wobei sich eine braune, harzige Masse abschied, welche in Säuren unlöslich, in Alkalien hingegen löslich war und eine giftige Wirkung nicht zeigte.

Die vom Harze befreite Flüssigkeit schüttelte er mit Petroleumäther aus, nach dessen Verdunsten ein aromatisch riechendes Fett von Butterconsistenz zurückblieb. Nachdem er dann aus der fettfreien Flüssigkeit weiter durch Chloroform die schon erwähnte fluorescirende Substanz entfernt hatte, dampfte er dieselbe auf dem Wasserbade bis zur Sirupconsistenz ein und trocknete sie bei 30 bis 40°. Da sich aus der concentrirten wässerigen Lösung der Substanz nach 24stündigem Stehen im Keller nur Harz ausschied, wurde nach dem Filtriren eingedampft und die über concentrirter Schwefelsäure getrocknete Masse dann in Alkohol gelöst und der

durch Aether aus der alkoholichen Lösung gefällte Niederschlag über Schwefelsäure im Vacuum getrocknet. Die 0,2 % Asche enthaltende Substanz zeigte wieder die genannten Eigenschaften eines Alkaloids, dem nun Lenardson den Namen „Manacin" beilegte.

Die Elementaranalyse des bei 110° getrockneten Manacins ergab die nachstehenden Werthe, aus denen Lenardson die Formel ableitete: C_{15}, H_{23}, N_4, O_5.

		berechnet	gefunden
C_{15}	= 180	53,09	53,05
H_{23}	= 23	6,78	6,66
N_4	= 56	16,52	16,08
O_5	= 80	23,59	24,20
	339		

Aus einem Platindoppelsalz der Substanz erhielt Lenardson das Molekulargewicht 306, während obige Formel die Zahl 339 verlangt, welche Differenz er durch den Umstand erklärt, dass die Doppelsalze wegen ihrer leichten Löslichkeit nicht völlig ausgewaschen werden konnten. Ueber das Manacin erwähnt Lenardson noch weiters, dass Lösungen desselben in säurehaltigem Wasser nach längerem Stehen eine braune Substanz ausscheiden.

Das Manacin, schmilzt bei 115°, konnte nicht zum Krystallisiren gebracht werden, ist leicht löslich in Wasser, Alkohol, Methylalkohol, unlöslich in Benzin, Aether, Amylalkohol und Chloroform; die Lösungen in Alkohol färben sich im Sonnenlichte unter Zersetzung roth. In den Lösungen erzeugen Ammoniak, Natronlauge, kohlensaures Natron keine Niederschläge, hingegen tritt Fällung ein auf Zusatz von Kaliumquecksilberjodid, Phosphorwolframsäure, Gerbsäure, Pikrinsäure, Phosphormolybdänsäure etc. — Alle Niederschläge sind amorph.

Jm Weiteren untersuchte Lenardson, ob sich aus der Substanz durch Erhitzen im zugeschmolzenen Rohre mit 2%iger Schwefel- oder Salzsäure Zucker abspalten liesse, erhielt aber dabei nur Zersetzungsprodukte, die Fehling'sche Lösung nicht reducirten.

Die fluorescirende Substanz, welche aus den Chloroformausschüttelungen und aus den harzigen Massen durch Auskochen mit Wasser gewonnen wurde, löste Lenardson in Alkohol und erhielt sie daraus in gelblichen Nadeln. Die wässerige Lösung

derselben reagirte sauer und fluorescirte intensiver auf Zusatz von Ammoniak. Lenardson hielt diese Substanz, welche auch einige Reactionen mit dem Aesculin gemein hat, für die von Wormsley entdeckte Gelseminsäure. Nach den Untersuchungen von Robbins und Wormsley spaltet letztere beim Kochen mit Säuren Zucker ab; Lenardson konnte jedoch, nachdem er die Substanz im zugeschmolzenen Rohre sowohl mit 2%iger Schwefelsäure, als auch mit 2%iger Salzsäure erhitzt hatte, eine Zuckerabspaltung nicht constatiren; denn nach dem Ausschütteln der gekochten Flüssigkeit mit Chloroform blieb nichts zurück, was auf Zucker hätte schliessen lassen können; die ins Chloroform übergegangene Gelseminsäure hingegen reducirte Fehling'sche Lösung, was von Robbins und Wormsley nicht beobachtet worden zu sein schien.

Da Lenardson selbst betonte, dass die Formel des Manacins weiterer Bestätigung bedürfe und er eingehendere pharmako-dynamische Versuche mit dem Manacin nicht anstellte, solche mir aus der Literatur auch nicht bekannt wurden, so unternahm ich es, da neuerdings das Extract. Manac. fluid. wiederholt für die Therapie empfohlen wurde, Droge und Fluidextract einer Untersuchung zu unterziehen.

Bevor ich die Ergebnisse der Arbeit im Nachstehenden mittheile, sei es mir gleich hier gestattet, Herrn Professor Dr. H. Tappeiner für die ertheilten Rathschläge meinen innigsten Dank auszusprechen.

A. Botanischer Theil.

Als Stammpflanze der Manaca wird gegenwärtig ganz allgemein die Brunfelsia Hopeana Benth. (Syn. Franciscea uniflora Pohl) angesehen. Die Brunfelsia Hopeana ist nach den Angaben in der Flora brasiliensis ein 3—4 Fuss hoher sehr verzweigter Strauch, der, wie schon oben bemerkt, durch ganz Brasilien zerstreut vorkommt und vor den anderen Brunfelsia-Arten durch die einzelstehenden Blüthen in besonderer Weise gekennzeichnet ist.

Lenardson meint auf Grund einer Untersuchung der anatomischen Structur der Droge, dass dieselbe nicht zu Brunfelsia,

die er als Scrophulariacee in Einklang mit den älteren Systematikern anspricht, gehören könne, sondern vielmehr den Apocynaceen zuzuzählen sei. Diese Aenderung der ursprünglichen Bestimmung durch Lenardson ist aber nicht richtig Gleich an dieser Stelle möchte ich erwähnen, dass es das Vorkommen von interxylärem Phloëm bei der in Rede stehenden Droge war, welche Lenardson veranlasste, an der Zugehörigkeit derselben zu Brunfelsia Zweifel zu erheben. Brunfelsia gehört in die Gruppe der Salpiglossideen, welche früher zu den Scrophulariaceen gestellt wurden, neuerdings aber ganz allgemein den Solanaceen angeschlossen worden sind. Die Salpiglossideen-Gattungen nämlich und damit auch Brunfelsia zeigen gleichwie die anderen Solanaceen im Gegensatze zu den Scrophulariaceen Bicollateralität der Gefässbündel.

Die Zurechnung der Droge zu den Apocynaceen ist absolut unzulässig. Ist ja doch bekannt, dass die Apocynaceen ebenso, wie die ihnen im System zunächststehenden Asclepiadaceen, durch Milchsaft ausgezeichnet sind, der in sogenannten ungegliederten Milchsaftröhren enthalten ist. Solche Milchsaftröhren hat Lenardson in der Droge nicht wahrgenommen — sie kommen in ihr auch nicht vor.

Die von Gehe & Comp. bezogene Droge, welche das Material für die botanische Untersuchung [1]) bildete, enthielt nur kräftige Hauptwurzeln mit wenigen feinen Seitenwurzeln und Theile der sich an die Hauptwurzel anschliessenden oberirdischen Axen. Die Hauptwurzeln sind einfache, seltener wenig verzweigte Pfahlwurzeln, denen noch einige dünne Seitenwurzeln anhängen. Erstere sind 1—3 cm dick. Sie bestehen aus einem gelbgefärbten Holzkörper, der in der Hauptwurzel stets ein Mark umschliesst und von einer nicht dicken bräunlichen Rinde bedeckt wird. In den dünnen Seitenwurzeln fehlt der Markkörper.

Ueber die anatomische Structur der Pfahlwurzeln ist Folgendes hervorzuheben. Das Mark besitzt einen Durchmesser 1 mm. Es besteht insbesondere aus ziemlich dünnwandigen Zellen, enthält aber ausserdem zahlreiche dickwandige und getüpfelte Steinzellen. Das

1) Dieselbe verdanke ich der Güte des Hrn. Privatdoc. Dr. H. Solereder.

Mark wird von dem inneren Phloëmring umschlossen, von dem schon oben kurz Erwähnung geschah. Das interxyläre Phloëm enthält am Innenrande gelb und dickwandige, englumige, in axilärer Richtung gestreckte Sclerenchymzellen. Das Holz ist ziemlich hart. Dasselbe wird von einreihigen Markstrahlen durchsetzt. Die Holzgefässe liegen zerstreut und sind kleinlumig (mittlerer Durchmesser = 0,033 mm), die Gefässdurchbrechungen sind einfach; die Gefässwände besitzen Hoftüpfelung auch in Berührung mit Parenchym. Holzparenchym ist nur in ganz untergeordneter Weise entwickelt.

Das Holzprosenchym ist ziemlich dickwandig und nicht sehr englumig, dasselbe ist nicht deutlich hofgetüpfelt. Der äussere Weichbast ist nur wenig ausgebildet. Steinzellengruppen sind reichlich in der primären Rinde und an der Aussengrenze des Bastes vorhanden. Der Kork besteht aus niederen, blättchenartigen, nur an der einen Tangentialwand sklerosirten Zellen. Die Rinde ist arm an Gerbstoff. Zusammengesetzte, aus 3—4 Theilkörnern bestehende, relativ grosse Stärkemehlkörner sind im Mark, in den Markstrahlen und in der primären Rinde reichlich vorhanden. Krystalle fanden sich nirgends vor.

Die Structur der dünnen, bis 2 mm dicken Seitenwurzeln weicht zunächst insofern von der der Pfahlwurzel ab, als das Mark fehlt. Die Holzgefässe sind etwas weiterlumig (Durchmesser = 0,05 mm), die Steinzellengruppen fehlen in der primären Rinde. Sehr vereinzelt sind dickwandige und englumige in axilärer Richtung gestreckte Sclerenchymzellen an der Aussengrenze des Bastes vorhanden.

Die Structur der in Rede stehenden Droge ist sehr übereinstimmend mit der der Brunfelsia Hopeana Benth., von welcher Zweigstücke, die von Martius gesammelt wurden und im Herbarium Monacense enthalten sind, zum Vergleiche untersucht wurden. Es finden sich dort im Wesentlichen dieselben anatomischen Verhältnisse: Dasselbe dünnwandige Mark mit reichlichen Steinzellen, einreihige Markstrahlen, nicht weitlumige Gefässe von derselben Structur, dasselbe Holzprosenchym, weiter ebenfalls intraxyläres Phloëm, geringe Entwicklung des äusseren Bastes, dieselbe Korkbeschaffenheit. Abweichungen sind zunächst nur insofern vorhanden, als die

Steinzellengruppen in der primären Rinde nur sehr spärlich vorkommen, was aber leicht darauf zurückgeführt werden kann, dass die Zweige, die zur Untersuchung kamen, keine erhebliche Dicke besassen. Wesentlicher ist, dass in den untersuchten Zweigen der Brunfelsia Hopeana an der Aussenseite des Bastes zahlreiche isolirte Gruppen aus wenigen Bastfasern vorhanden sind. Letztere sind in der Wurzel der Droge nicht zu finden gewesen, in geringer Menge allerdings in den Zweigstücken derselben. Ein dickerer Zweig von Brunfelsia obovata Benth., der ebenfalls aus dem Herbarium Monacense zur Untersuchung gelangte, zeigte reichliche Steinzellengruppen in der primären Rinde und im äusseren Theile des Bastes, sowie isolirte Bastfasergruppen an der Aussengrenze des Bastes.

Nach all dem steht ausser Zweifel, dass die in Rede stehende Droge zu Brunfelsia Hopeana gehören kann, wie die Autoren wohl auf Autopsie der Blüthe der Stammpflanze hin angeben.

B. Chemischer Theil.

Manacin.

Zur Darstellung der Präparate verwandte ich theils die Droge selbst, theils das Fluidextract. Erstere habe ich von der Firma Gehe & Comp. in Dresden, letztere von der Firma Parke, Davis & Co. dargestellt, durch die Firma Brückner, Lampe & Co. in Berlin, bezogen. Das aus der zerkleinerten Manacawurzel durch Digestion mit 75%igen Alkohol erhaltene Extract wurde ebenso wie das Fluidextract auf dem Wasserbade unter Zusatz von Wasser abgedampft, wobei sich nach Entfernung des Alkohols neben gelbgrün gefärbten fettigen Substanzen eine braun gefärbte harzige Masse ausschied, welche letztere sich in Alkalien als löslich, in Säuren hingegen unlöslich erwies. Nachdem auf Zusatz von Wasser eine Ausscheidung von harzigen Massen nicht mehr erfolgte, wurde filtrirt und das Filtrat mit Petroleumäther behufs Entfernung der fetten Substanz und zur Abscheidung der fluorescirenden Substanz mit Chloroform ausgeschüttelt. Die so behandelte klare, braun gefärbte Flüssigkeit wurde Anfangs auf dem Wasserbade bei niederer Temperatur, später im Vacuumexsiccator eingedampft. Da es bei

keiner der verschiedensten Concentrationen gelang, irgend ein krystallisirtes Product zu erhalten, und aus dem Syrup selbst nach monatelangem Stehen keine Krystalle sich abschieden, so trug ich den in der Wärme noch dünnflüssigen Sirup unter beständigem Umrühren in absoluten Alkohol ein, wobei sich eine gelbbraune zähe Masse ausschied, während die überstehende Flüssigkeit gelb gefärbt war. Erwärmt man nun auf dem Wasserbade bei ca. 60—70°, so wird die gelbbraune Masse weich und leicht knetbar, die überstehende Flüssigkeit hingegen färbt sich roth. Letztere wurde abgegossen, filtrirt und nach dem Einengen mit wasserfreiem Aether versetzt, worauf ein reichlicher, flockiger Niederschlag entstand, der sich alsbald zusammenballte und an den Glaswänden als braune Masse hängen blieb. Sie wurde zuerst im Exsiccator, dann bei 100° getrocknet und stellte so ein gelbbraunes äusserst hygroskopisches Pulver dar. Ich habe für dieses Präparat, welches dem von Lenardson beschriebenen am nächsten stehen dürfte, die Bezeichnung „Manacin" beibehalten.

Die äther-alkoholische Flüssigkeit, aus der das Manacin abgeschieden war, ist gelbbraun gefärbt und gibt selbst nach dem Einengen auf Aetherzusatz keinen Niederschlag mehr und nach dem Verjagen des Aethers und Alkohols hinterbleibt nur eine geringe Menge aschehaltiges Manacin.

Das bei 100° getrocknete Manacin schmilzt bei 125° zu einer braunen Masse und zersetzt sich unter Schwärzung bei einer Temperatur von 150°. Die wässerige Lösung reagirt schwach sauer, trübt sich sehr bald und scheidet schon beim Stehen über Nacht eine schwarzbraune Masse aus.

Die Verbrennung im Sauerstoffstrome unter Berücksichtigung der für stickstoffhaltige Substanzen geltenden Cautelen ergab folgende Zahlen:

1. 0,2520 g Substanz bei 100° getrocknet gaben: 0,5036 CO_2 = 0,1374 C = 54,52% C
0,1519 H_2O = 0,0168 H = 6,69% H

2. 0,2845 g „ „ 100° „ „ 0,5730 CO_2 = 0,1563 C = 54,93% C
0,1710 H_2O = 0,0190 H = 6,67% H

Im Mittel ergibt sich für C = 54,77 %
H = 6,68 %.

Die Ermittelung des Stickstoffgehaltes geschah nach der Dumas'schen Methode unter Anwendung des von Zulkowsky[1]) hiefür angegebenen Kohlensäuregenerators und des Azotometers von Schiff[2]):

1. 0,2000 g Substanz, bei 100° getrocknet, lieferten:
   10,4 ccm N bei 15° 725,1 mm Bar. = 5,8 % N
2. 0,1953 g Substanz, bei 100° getrocknet, lieferten:
   10,0 ccm N bei 17° 714 mm Bar. = 5,67 % N.

Der Stickstoffgehalt beträgt somit im Mittel: 5,74 %.

Aus den gefundenen Zahlen lässt sich für das Manacin die Formel berechnen: $C_{22} H_{33} N_2 O_{10}$

		berechnet	gefunden
C_{22}	= 264	54,43	54,77
H_{33}	= 33	6,70	6,68
N_2	= 28	5,81	5,74
O_{10}	= 160	33,06	
	485	100,00	

Manacëin.

Behandelt man den festen Rückstand, aus dem durch Alkohol bereits Manacin abgeschieden wurde, mit kochendem, absoluten Alkohol, so erhält man eine gelb gefärbte Flüssigkeit, die weder beim Stehen am Licht, noch beim Kochen sich roth färbt. Nach dem Erkalten der concentrirten Lösung schied sich ein weisser Niederschlag aus, der unter dem Mikroskope neben krümmeligen Massen, die sich als Aschenbestandtheile erwiesen, stark lichtbrechende kugelige Gebilde, ähnlich den Leucinkugeln, erkennen liess. Auf Zusatz von Aether wurden aus der filtrirten Flüssigkeit schneeweisse Flocken gefällt, die sich sehr rasch absetzten. Die überstehende Flüssigkeit, fast farblos und nur mehr Spuren der Substanz enthaltend, wurde abgegossen und der mit Aether gewaschene Niederschlag in flachen Schalen im Vacuumexsiccator über Schwefelsäure getrocknet. Nach 6 bis 7 Stunden bedeckte den Boden der Schale eine blendend weisse Kruste, die sich zwischen den Fingern zu Pulver verreiben liess, das nur wenig hygroskopisch war. Durch wiederholtes Auflösen in absolutem Alkohol und darauf-

1) Berichte XIII. S. 1099.
2) Berichte XIII. S. 886.

folgende Fällung mit Aether wurde ein Präparat erhalten, welches vollkommen aschefrei war. Die früher im Niederschlage beobachteten krümmeligen Massen waren verschwunden und nur mehr die oben erwähnten kugeligen Gebilde sichtbar. Auch bei dieser Substanz, die ich zum Unterschiede von der vorigen „Manaceïn“ nenne, gelang es in keiner Weise, krystallisirtes Material zu gewinnen — aus den Lösungen schieden sich bei Anwendung verschiedener Kältemischungen nur die obengenannten kugeligen Gebilde aus. Das Manaceïn ist im Wasser sehr leicht mit neutraler Reaction löslich, wird hingegen von Alkohol, ebenso von Methylalkohol und Essigsäureanhydrid in der Kälte schwer aufgenommen und erweist sich als vollkommen unlöslich in Aether, Chloroform, Benzol und Amylalkohol. Bei 70° getrocknet, behält es seine weisse Farbe bei, über 70° hingegen beginnt schon eine deutliche Gelbfärbung, bei 100 bis 110° Bräunung und bei circa 150° verwandelt sich die Substanz unter Aufblähung in eine undurchsichtige schwarze Masse.

Die nach denselben Methoden, wie oben angegeben, ausgeführten Elementaranalysen und Stickstoffbestimmungen ergaben folgende Resultate:

1. 0,2700 g Substanz, bei 100° getrocknet, lieferten:
   0,4836 g CO_2 = 0,1319 C = 48,86 % C
   0,1600 g H_2O = 0,0177 H = 6,58 % H
2. 0,2920 g Substanz, bei 100° getrocknet, lieferten:
   0,5170 g CO_2 = 0,1410 C = 48,28 % C
   0,1681 g H_2O = 0,0196 H = 6,74 % H
   Somit im Mittel: 48,57 % C
   6,66 % H

1. 0,2944 g Substanz, bei 100° getrocknet, gaben:
   20 ccm N bei 17,5° C 714,4 mm Bar. = 7,37 % N
2. 0,2276 g Substanz, bei 100° getrocknet, gaben:
   15,1 ccm N bei 16° C 718,5 mm Bar. = 7,30 % N

Im Mittel beträgt demnach der Stickstoffgehalt: 7,33 %.

Aus obigen Zahlen lässt sich die Formel ableiten: $C_{15}\,H_{25}\,N_2\,O_9$

		berechnet	gefunden
C_{15}	= 180	48,00	48,57
H_{25}	= 25	6,70	6,66
N_2	= 28	7,10	7,33
O_9	= 144	38,20	
	377	100,00	

Eine Molekulargewichtsbestimmung[1]) (nach der Raoult'schen Methode — Gefrierpunktserniedrigung — mittelst des Apparates von Beckmann) ergab die Zahl 393, welche dem für obige Formel entsprechenden Werthe nicht sehr ferne steht.

Der Rückstand, der nach der Manaceïnabscheidung verblieb, zeigte beim Erwärmen immer noch eine weiche Consistenz, obwohl beim Auskochen mit Alkohol fast gar nichts mehr in Lösung ging. Es wurde deshalb der Alkohol entfernt, die zurückgebliebene Masse bei 70° getrocknet, worauf sie sich leicht in ein gelbbraunes Pulver zerreiben liess, dessen Hauptbestandtheile unorganische Stoffe bildeten. Ich behandelte dieses Pulver mit Wasser, wobei ein Theil in Lösung ging, ein anderer Theil als braunschwarze, flockige Masse sich ausschied. Da die überstehende klare Lösung sich bei Versuchen an Fröschen als sehr giftig erwies und dem Manacin ähnliche Vergiftungssymptome bot, so engte ich die Flüssigkeit auf dem Wasserbade ein und trug sie, genau so wie früher verfahrend, in absoluten Alkohol ein, wobei ich als Endresultat Manacin und bei der nachherigen Behandlung des Rückstandes Manaceïn erhielt. Der Umstand, dass ich diesen Process zwei- bis dreimal wiederholen konnte und sich immer das Gleiche zeigte, führte mich zu der Annahme, dass aus obigem Rückstande resp. aus dem nach der Entfernung des Alkohols erhaltenen Pulver durch Wasserzusatz Spaltungsprodukte entstanden sein müssen, von denen eines das Manacin, ein anderes das Manaceïn sein konnte.

Ueberführung des Manacins in das Manaceïn.

Während die wässerigen Lösungen des Manaceïns lange Zeit klar bleiben und erst durch Einwirkung von Schimmelpilzen sich trüben, so lassen die anfangs ganz klaren Lösungen des Manacins schon nach einigen Stunden zuerst Trübung, dann Ausscheidung eines flockigen, braunen Niederschlages erkennen. Da die filtrirte Flüssigkeit beim Schütteln mit Aether oder Chloroform an letztere geringe Mengen von fluorescirender Substanz abgab, so lag die Vermuthung nahe, dass die ursprüngliche Lösung, aus der das Präparat gewonnen wurde, nicht ganz durch Chloroform erschöpft

1) Herrn Dr. G. Düll, Assistent am gährungschem. Laborat. d. k. techn. Hochschule, verdanke ich die Ausführung.

war. Letzteres bestätigte sich jedoch nicht; denn auch bei solchen Präparaten, die mit Chloroform und Aether sorgfältig ausgezogen waren, trat nach dem Auflösen in Wasser neben der Abscheidung der braunen Flocken beim Verdünnen auch noch Fluorescenz auf. Die ausgeschiedenen Flocken waren in Alkohol und Alkalien leicht löslich, nicht in Wasser und Säuren, und schienen mit dem ursprünglich bei dem Verjagen des Alkohols aus dem Fluidextracte ausgeschiedenen harzartigen Körper identisch zu sein. Die so von dem Letzteren und der fluorescirenden Substanz befreite Flüssigkeit wurde, nachdem sie auf weiteren Wasserzusatz klar blieb, bei niederer Temperatur auf ein möglichst geringes Volumen eingedampft, mit absolutem Alkohol versetzt, und nachdem keinerlei Ausscheidung stattfand, diese Lösung mit Aether gefällt. Auffallender Weise zeigte der entstandene Niederschlag nach Entfernung des Aethers und nach dem Trocknen im Vacuumexsiccator über Schwefelsäure nicht mehr die braune, sondern eine gelbe Farbe. Bei nochmaligem Auflösen in Wasser trat wieder die oben erwähnte flockige Ausscheidung, wenn auch nicht mehr in erheblichem Maasse auf, wesshalb ich den ganzen Prozess so lange wiederholte, bis das Präparat sich in Wasser völlig klar löste. Ich bekam nun aus den alkoholischen Lösungen durch Aether flockige Niederschläge, die ganz dem Manaceïn ähnlich waren und das im Exsiccator getrocknete Präparat war von dem früher gewonnenen Manaceïn nicht zu unterscheiden. Die Vermuthung, dass das Manacin durch Wasser und vielleicht auch durch erhöhte Temperaturen oder zu langes Erwärmen der wässerigen Lösungen zerfällt, wobei M a n a c e ï n und geringe Mengen einer harzigen und einer fluorescirenden Substanz auftreten, fand Bestätigung durch die Elementaranalysen, welche nachfolgende Resultate ergaben:

1. 0,2542 g Substanz, bei 100° getrocknet, lieferten:
   0,4518 g CO_2 = 0,1231 C = 48,42 % C
   0,1464 g H_2O = 0,0163 H = 6,40 % H

2. 0,2830 g Substanz, bei 100° getrocknet, lieferten:
   0,5021 g CO_2 = 0,1369 C = 48,38 % C
   0,1630 g H_2O = 0,0181 H = 6,39 % H

Im Mittel: 48,40 % C
6,40 % H.

Das Manacin wie das Manaceïn verhalten sich Reagentien gegenüber genau so, wie das von Lenardson dargestellte Manacin.

Characteristisch für das Manaceïn ist die Schwerlöslichkeit in kaltem Alkohol und die Ausscheidung beim Erkalten der gesättigten heissen Lösung in der beschriebenen Kugelform.

Ammoniak, Natronlauge, kohlensaure Alkalien lösen die Präparate auf und zerlegen sie schon bei ganz schwachem Erwärmen; beim Kochen mit Natronlauge oder Aetzbaryt wird unter anderem Kohlensäure und Ammoniak abgespalten.

Lösungen von essigsaurem Blei, basisch essigsaurem Blei oder essigsaurem Kupfer erzeugten nur in concentrirten wässerigen und auch alkoholischen Lösungen gallertige Niederschläge, die auf keinerlei Weise zur Krystallisation gebracht werden konnten. Auch die Versuche, aus diesen Niederschlägen nach dem Zerlegen mit Schwefelwasserstoff irgend ein einheitliches Material zu gewinnen, scheiterten an der leichten Zersetzlichkeit der Substanzen — meistens erhielt ich nach dem Einengen der Lösungen nur eine braune oder schwarze sirupöse Masse, die bei wiederholter Aufnahme mit Wasser nur mehr huminartige Zerfallsproducte lieferte.

Phosphorwolframsäure erzeugt in den Lösungen einen weissgrauen Niederschlag, der sich in Natronlauge mit dunkellasurblauer Farbe löst.

Concentrirte Schwefelsäure löst die Substanzen mit gelbbrauner, Salpetersäure mit rother Farbe, mit Salzsäure erwärmt, erhält man ebenfalls rothe Flüssigkeiten, die nach kurzem Stehen schwarzbraune, flockige Massen ausfallen lassen.

Versetzt man eine Manacin- oder Manaceïnlösung mit einem Tropfen frischbereiteter Ferricyankaliumlösung und einigen Tropfen schwach gelbgefärbter Eisenchloridlösung, so tritt sofort intensive Blaufärbung (Berlinerblau) auf; Ferricyankalium wird offenbar zu Ferrocyankalium reducirt, welcher Vorgang wieder die leichte Spaltbarkeit der Substanzen illustrirt. Die Ferricyankaliumlösung allein mit der genannten Eisenchloridlösung gab keine Reaction.

Die von mir erhaltenen Körper Manacin und Manaceïn, deren elementare Zusammensetzung ich zum Vergleiche mit dem Lenardson'schen Manacin folgen lasse, zeigen besonders im

Stickstoffgehalte erhebliche Differenzen. Die Ursache dieser Abweichungen findet vielleicht zum Theil in dem Umstande ihre Erklärung, dass das Manacin ungemein leicht zerfällt, ja selbst schon durch Wasser bei gewöhnlicher Temperatur, um so leichter beim Erwärmen oder bei längerem Stehen an der Luft zerlegt wird. Die Ausscheidungen aus der wässerigen Manacinlösung, die Lenardson als ausgeschiedene Harze bezeichnet, sind eben schon als Zersetzungsproducte aufzufassen.

Wie schon angegeben, trocknete Lenardson den manacinhaltigen Sirup bei 30 bis 40°, nahm die trockene Masse mit 10 bis 12 Theilen Wasser auf, filtrirte und liess diese jedenfalls klare Flüssigkeit 24 Stunden stehen. Während dieser Zeit hatten sich nur harzige Massen ausgeschieden; nach weiterem Filtriren wurde wieder eingedampft, getrocknet, in Alkohol gelöst und mit Aether gefällt. Aus diesen Angaben wird mir sehr wahrscheinlich, dass Lenardson, wenn er im letzteren Falle statt Alkohol Wasser als Lösungsmittel verwendet hätte, wieder eine Ausscheidung von harzigen Massen hätte beobachten können und dass er, wenn eine solche Ausscheidung nicht mehr erfolgt wäre, aus der alkoholischen Lösung des Trockenrückstandes durch Fällung mit Aether eine Substanz erhalten hätte, die dem Manaceïn gleichgekommen wäre.

	Manacin:	Manaceïn:	Manacin Lenardson:
	$C_{22}H_{33}N_2O_{10}$	$C_{15}H_{26}N_2O_9$	$C_{15}H_{23}N_4O_5$
C	54,77	48,57	53,05
H	6,68	6,66	6,66
N	5,74	7,83	16,08
O	32,81	37,44	24,20

Fluorescirende Substanz.

Zur Gewinnung der fluorescirenden Substanz betrat ich im Wesentlichen denselben Weg, auf dem Lenardson sein Präparat erhielt. Wie oben angegeben, scheidet sich nach dem Entfernen des Alkohols aus dem Fluidextracte auf Zusatz von Wasser eine harzartige Masse aus. Diese habe ich nach dem Trocknen zuerst mit Petroläther zur Entfernung des Fettes, dann mit Chloroform extrahirt. Nach dem Entfernen des Chloroforms wurde der Rückstand (gelb gefärbte Nadeln und dendritische Formen) mit Wasser

ausgekocht. Genau so wurde mit dem Chloroformauszug, der bei der Ausschüttelung der wässerigen Lösung nach der Entfernung des Alkohols aus dem Fluidextracte gewonnen wurde, verfahren.

Aus den wässerigen Lösungen krystallisirten nach kurzem Stehen gelb gefärbte Nadeln, zum Theil in Büscheln gruppirt, die sehr fest an den Wandungen des Glases hafteten und beim Zerdrücken mit dem Glasstabe wachsartige Consistenz zeigten. Die Mutterlauge zeigte erst nach dem Verdünnen mit Wasser oder bei Gegenwart von Ammoniak lebhafte Fluorescenz, auf Zusatz von Natronlauge ging die ursprüngliche gelbe Farbe in roth über, ohne die Fluorescenz zu beeinträchtigen.

Die erhaltenen Krystalle behandelte ich mit Alkohol; hiebei fiel mir auf, dass zunächst eine rothgefärbte Lösung entstand und die Krystalle farbloser wurden, weshalb ich letztere nur mit geringen Mengen Alkohol abspülte und die so erhaltene Spüllösung verdampfte — es schieden sich keine Krystalle aus und es hinterblieb nur ein starkgefärbter Sirup.

Die abgespülten Krystalle wurden sodann aus heissem Alkohol umkrystallisirt. Trotz der öfteren Wiederholung dieses Processes konnte ich die Krystalle nicht ganz farblos erhalten — sie zeigten immer noch eine schwachgelbe Farbe. Während die ersteren alkoholischen Lösungen ganz deutlich den Geruch nach Vanillin wahrnehmen liessen und geringere Fluorescenz zeigten, so verhielten sich die späteren Lösungen gerade umgekehrt; der Vanillingeruch ging verloren und die Fluorescenz wurde bedeutend erhöht.

Die so erhaltene krystallisirte Substanz hatte einen Schmelzpunkt von 198° C und war in kaltem Wasser wenig löslich, in kochendem hingegen leicht. Letztere Lösung zeigte im durchfallenden Lichte eine gelbe, im auffallenden eine sehr schöne blaue Farbe. Die Fluorescenz wird auf Ammoniakzusatz sehr intensiv und ist noch in sehr starker Verdünnung wahrnehmbar. Die wässerige Lösung reagirt schwach sauer, reducirt Fehling'sche Lösung und ammoniakalische Silberlösung, gibt, mit Ferricyankalium und Eisenchloridlösung versetzt, Berlinerblau. Die Krystalle sind in verdünntem Ammoniak und in Natronlauge oder Barythydrat leicht löslich; beim Erwärmen dieser Lösungen tritt Rothfärbung und

hierauf unter Bräunung Zerfall der Substanz auf. Auch die von Lenardson angegebenen Reactionen, wie: Rothfärbung der salpetersauren Lösung auf Zusatz von Aetzkali im Ueberschuss, Grünfärbung durch Eisenchlorid, sowie die leichte Löslichkeit in Alkohol, Chloroform, die weniger leichte in Benzol und Aether stimmen für die von mir erhaltene Substanz.

Lenardson glaubte, obwohl viele der angegebenen Reactionen sowohl für das Aesculin, wie für die fluorescirende Substanz zutreffen, dass letztere doch in der Löslichkeit in Aether der Gelseminsäure entsprechend sei, um so mehr, als auch die von Wormsley für die genannte Säure angegebene Reaction, die darauf beruht, dass aus der Lösung derselben in concentrirter Schwefelsäure beim Neutralisiren mit Ammoniak nadelförmige Krystalle sich ausscheiden, was beim Aesculin nicht der Fall ist, für diese Substanz zutrifft.

F. G. Wormsley[1]) erhielt nämlich aus dem alkoholischen Extracte von Gelsemium sempervirens nach dem Verdunsten des Alkohols aus der angesäuerten wässerigen Lösung durch Ausschütteln mit Aether eine geringe Menge farbloser Krystallnadeln, die bei 100° sublimirten, in Wasser mit saurer Reaction sich lösten und mit Alkalien krystallisirbare Salze gaben. Er nannte diesen Körper „Gelseminsäure“. Die alkalischen Lösungen dieser Säure zeigten gelbe Farbe und blaue Fluorescenz.

Einige Jahre später erhielt Charles Robbins in Sonnenschein's[2]) Laboratorium aus den Wurzeln von Gelsemium sempervirens eine aus Aether-Weingeistlösung in Nadeln krystallisirende Verbindung von schwach sauren Eigenschaften mit dem Schmelzpunkte 160°, die unter dieser Temperatur zu einer amorphen Masse erstarrte und über dieselbe hinaus erhitzt, sich bräunte und zersetzte. Die Substanz war schwer in kaltem, leichter in heissem Wasser, in reinem Alkohol gar nicht, leicht hinwiederum in Aether-Alkohol löslich. Die wässerige Lösung fluorescirte, welche Erscheinung durch Alkalizusatz noch mehr zu Tage trat. Es erwies sich demnach diese Substanz als dieselbe, die Wormsley wegen

1) Jahresber. über die Fortschr. d. Chem. 1870, S. 884. Americ. J. pharm. 1870, S. 42. — Chem. Centr. 1870, S. 678.

2) Berichte IX. S. 1182.

der sauren Reaction und der Eigenschaft, mit Alkali in den Lösungen der Schwermetalle Niederschläge zu erzeugen, Gelseminsäure nannte. Bei mikroskopischer Untersuchung der Niederschläge ergab sich jedoch, dass diese Gelseminate nur ein Gemisch aus der vermeintlichen Säure und Metallniederschlag darstellten.

Die Uebereinstimmung der äusseren Eigenschaften und das chemische Verhalten der Substanz veranlassten Sonnenschein, sie mit dem Aesculin für identisch zu halten. Durch Vergleiche mit käuflichen Aesculin und insbesondere dadurch, dass er aus dem aus Gelsemium hergestellten Aesculin Zucker abspalten konnte, kam er zu denselben Resultaten, wie sie von Rochleder für das Aesculin gefunden worden waren.

Die umfassendsten Arbeiten über das in der Rinde von Aesculus Hippocastanum vorkommende Glycosid: „Aesculin" stammen von Rochleder[1]) und Schwarz, von denen ersterer hierfür die Formel $C_{15} H_{16} O_9$ aufstellte und dessen Zerfall durch Einwirkung verdünnter Schwefelsäure in Aesculetin und gährungsfähigen Zucker nach der Gleichung: $C_{15} H_{16} O_9 + H_2O = C_6 H_{12} O_6 + C_9 H_6 O_4$ constatirte.

In engster Beziehung stehen die Arbeiten von Zwenger[2]) und H. Schiff[3]), von denen letzterer die Angaben Rochleder's bestätigte und für das Aesculin sowohl, als auch für das Aesculetin Constitutionsformeln aufstellte.

Die Constitutionsfrage, besonders des Aesculetins, berührte dann H. Hlasiwetz[4]) bei seinen Untersuchungen über das Umbelliferon, das von Zwenger[5]) und Sommer in der Rinde des Seidelbastes entdeckt worden war und fand, dass dieser Körper sich vom Aesculetin nur durch ein Minus von 1 Atom O unterscheide und ihm daher die Formel $C_9 H_6 O_3$ zukomme. Das Umbelliferon besitzt chininartige Fluorescenz in verdünnter, alkalischer

1) Ann. Chem. Pharm. Bd. 87 S. 186 bis Bd. 88 S. 356; Wiener Acad. Bericht. math. naturw. Cl. Bd. 10 S. 70; Bd. 13 S. 169; Bd. 16 S. 1; Bd. 20 S. 351; Bd. 33 S. 1; Bd. 24 S. 32; Bd. 48 H. 2 S. 236; Bd. 55 H. 2 S. 819; Bd. 57 S. 693.

2) Ann. Chem. Pharm. Bd. 90 S. 63.

3) Berichte, III. S. 366; IV. S. 472.

4) Berichte, IV. S. 550.

5) Ann. Chem. Pharm. Bd. 139 S. 99.

Lösung und liefert mit Kalihydrat erhitzt Resorcin, während das Aesculetin in Protocatechusäure und Ameisensäure zerfällt.

Ferner haben C. Liebermann und Knietsch[1]) gezeigt, dass das Aesculetin unter Einwirkung von Natriumacetat und Essigsäureanhydrid in Diacetaesculetin übergeht, welches bei 133 bis 134° schmilzt, im Gegensatz zu den Resultaten Schiff's, der ein triacetylirtes Product gefunden zu haben glaubte. Liebermann und Mastbaum[2]) constatirten, dass bei der Einwirkung von Brom auf das in Essigsäure gelöste Aesculetin ein Tribromsubstitutionsproduct erhalten werde. Ferd. Tiemann und Will[3]) kamen endlich bei ihren Untersuchungen über die Constitution des Aesculetins zu dem Schlusse, dass dasselbe als dihydroxylirtes Cumarin aufzufassen sei.

Dass die in Frage stehende fluorescirende Substanz mit dem Aesculin selbst nicht identisch sein kann, beweist einerseits der Umstand, dass sich aus ihr kein Zucker abspalten lässt, welche Thatsache auch von Lenardson erwähnt wurde[4]), andererseits sprechen auch die analytischen Werthe dagegen.

Lenardson fand: 61,574% C und 4,789% H und kam zu der Formel:

		berechnet	gefunden
C_{10}	= 120	61,8	61,57
H_{10}	= 10	5,15	4,79
O_4	= 64	33,51	33,64
	194		

Für die von mir isolirte Substanz, die, wie schon erwähnt, als Schmelzpunkt 198° C. hatte, erhielt ich nachstehende Zahlen:

0,1275 g Substanz, bei 110° getrocknet, lieferten nach der Verbrennung im offenen Rohre: 0,2910 CO_2 = 0,07936 C = 62,24 % C
0,0525 H_2O = 0,00583 H = 4,58 % H

hieraus lässt sich die Formel ableiten:

		berechnet	gefunden
C_{10}	= 120	62,50	62,24
H_8	= 8	4,17	4,58
O_4	= 64	33,33	33,18
	192	100,00	

1) Berichte, XIII. S. 1590.
2) Berichte, XIV. S. 475.
3) Berichte, XV. S. 2072.
4) a. a. O. S. 35.

Diese Formel aber entspricht der von Tiemann und Will[1]) für das Monomethylaesculetin erhaltenen: $C_9H_5O_3(O.CH_3)$. Da diese Verbindung schon bei 184° schmilzt, die von mir gewonnene hingegen erst bei 198°, ferner die Auflösung von Monomethylaesculetin in verdünntem Alkohol durch Eisenchlorid nicht gefärbt wird, im Gegensatze zu meinem Präparate, das hierbei grüne Farbe annimmt, musste ich annehmen, dass das von mir gewonnene Präparat noch nicht rein genug war und es in seiner Zusammensetzung dem Aesculetin gleichkommen dürfte. Ich brachte deshalb den Rest meines Materials durch wiederholtes Umkrystallisiren so weit, dass ich fast farblose Krystallnadeln erhielt, deren Schmelzpunkt über 204° lag. Die wässerige Lösung der Krystalle war vollkommen farblos, die gesättigte heisse Lösung zeigte nur einen geringen Stich ins Gelbe. Im auffallenden Lichte liessen die Lösungen eine blaue Farbe erkennen, die besonders deutlich wurde, wenn man in das Reagenzglas von oben herein sah. Auf Ammoniakzusatz wurde die Fluorescenz ungemein erhöht und selbst in 20- und mehrfacher Verdünnung noch wahrnehmbar.

Diese Eigenschaften stimmen genau mit dem von Zwenger[2]) untersuchtem Aesculetin überein, für welches auch die durch die Elementaranalyse gefundenen Zahlen sprechen:

0,1260 g Substanz gaben bei 110° getrocknet:

$$0{,}02782\ CO_2 = 0{,}07587\ C = 60{,}22\ \%\ C$$
$$0{,}0388\ H_2O = 0{,}0431\ H = 3{,}42\ \%\ H$$

Die Formel für das Aesculetin:

		berechnet	gefunden
C_9	= 108	60,67	60,22
H_6	= 6	3,37	3,42
O_4	= 64	35,96	
	178	100,00	

Rochleder[3]) hat ferner beobachtet, dass bei Behandlung der mit sauren schwefligsauren Alkalien gekochten Aesculetinlösungen mit Natronlauge unter Absorption von Sauerstoff Rothfärbung, mit Ammoniak nach vorübergehender Rothfärbung eine blaue, nach einiger Zeit in blutroth übergehende Farbe auftrat. Alle diese

1) Berichte 1882, S. 2072.

2) Ann. Chem. Pharm. Bd. 90 S. 63.

3) Wiener Akad. Ber. Jahrg. 1863 S. 241.

Reactionen konnte ich mit dem von mir gewonnenen Körper erhalten. Die gefärbten Lösungen zeigten einen scharfen Absorptionsstreifen zwischen den Frauenhofer'schen Linien C. und D.

Diese Reactionen, sowie die Resultate der Elementaranalyse setzen die Identität dieser Substanz mit dem Aesculetin ausser Zweifel.

Da es mir vorerst wegen Mangel an hinreichendem Material nicht gelungen ist, das Manacin und das Manaceïn, Substanzen, die weder absolut sauren, noch absolut basischen Charakter besitzen, genauer zu differenziren, muss ich mich bis auf Weiteres auf die Mittheilung einiger Resultate, die ich durch Spaltungsversuche erhielt, beschränken.

Einwirkung von gasförmiger Salzsäure auf alkoholische Manaceïn-Lösung.

In die ca. 0,5 g Manaceïn enthaltende alkoholische Lösung wurde trockenes Salzsäuregas eingeleitet, wobei die anfangs schwach gelb gefärbte Lösung allmählich eine dunklere, zuletzt dunkelrothe Farbe annahm. Nach vollständiger Sättigung mit dem Gase schieden sich auf Zusatz von Wasser schwarzbraune, flockige Massen ab, welche Abscheidung auch auf Zusatz von Aether erfolgte. Die Flüssigkeit hatte einen intensiven, obstartigen Geruch, welcher auf die Gegenwart eines Fettsäureesters umsomehr schliessen liess, als bei Behandlung des mit Kali geschmolzenen Manaceïns mit Schwefelsäure der Geruch von flüchtigen Fettsäuren (vorzugsweise Buttersäure) auftrat. Es wurde deshalb die Flüssigkeit destillirt und das den Ester enthaltende Destillat mit Aetzkali verseift und eingedampft. Der Rückstand wurde hierauf mit Wasser aufgenommen und nach Zusatz von Schwefelsäure mit Aether ausgeschüttelt. Die ätherische Flüssigkeit wurde mit etwas Wasser versetzt und der Aether langsam abgedampft, worauf eine trübe, stark nach Buttersäure riechende, sauerreagirende Flüssigkeit zurückblieb, deren Quantität aber zu einer fractionirten Destillation, eventuell einer Siedepunktsbestimmung nicht hinreichend war. Es wurde deshalb die geringe Menge mit frisch gefälltem kohlensaurem Baryt gekocht und das Filtrat zur Krystallisation eingedampft. Aus der Lösung schieden sich nadelförmige Krystalle ab, die leicht verwitterten und allmählich getrocknet bei 130° constantes Gewicht zeigten.

0,1100 g des Salzes gaben: 0,0755 SO_4Ba
= 0,04439 Ba
= 40,35 % Ba

Die Formel für buttersauren Baryt $(C_4H_7O_2)_2$ Ba verlangt 44,05 % Ba
jene für valeriansaur. „ $(C_5H_9O_2)_2$ Ba „ 40,41 % Ba.

Der von mir für die abgespaltene Fettsäure gefundene Barytgehalt stimmt somit sehr gut für die Valeriansäure.

Der Destillationsrückstand wurde mit Aether ausgeschüttelt.

Aus der gelb gefärbten ätherischen Lösung schieden sich nach dem Verdampfen des Aethers gelb gefärbte Nadeln ab, die in heissem Wasser löslich, nach dem Erkalten sich wieder abschieden und deren Lösung in Wasser besonders auf Zusatz von Ammoniak lebhafte Fluorescenz erkennen liess. Die Krystalle zeigten nach öfterem Umkrystallisiren alle Eigenschaften der oben beschriebenen fluorescirenden Substanz, welcher sie auch mit ihrem Schmelzpunkt, der bei 204° liegt, gleichkommen.

In der gleichen Weise wurde eine alkoholische Lösung von Manacin mit Salzsäuregas behandelt. Die Menge der durch Wasserzusatz ausgeschiedenen schwarzbraunen Flocken war eine beträchtlichere als beim Manaceïn. Die Flüssigkeit besass ebenfalls Obstgeruch und wurde deshalb genau so behandelt wie oben angegeben, nur wurde in diesem Falle die erhaltene Fettsäure mit frisch gefälltem Silberoxyd erwärmt. Aus der im Vacuum eingeengten Lösung des Silbersalzes krystallisirten federförmig gruppirte Blättchen aus, die sehr grosse Lichtempfindlichkeit zeigten.

0,1200 g des bis zur Gewichtsconstanz getrockneten Salzes gaben:
0,0822 g ClAg
= 0,0619 Ag
= 51,54 % Ag.

Die Formel für buttersaures Silber $C_4H_7O_2$ Ag verlangt 55,38 % Ag
jene für valeriansaures „ $C_5H_9O_2$ Ag „ 51,67 % Ag.

Nach dem Ergebnisse der beiden Analysen des Barytsalzes sowie des Silbersalzes ist die fragliche Fettsäure die Valeriansäure.

Die bei der beschriebenen Behandlung mit Salzsäuregas auf Wasserzusatz ausgeschiedenen braunschwarzen, flockigen Massen, die sich in Säuren und Wasser, sowie Aether und Chloroform nicht lösten, hingegen von Alkohol und alkalischem Wasser leicht aufgenommen wurden, habe ich in Alkohol gelöst und durch Aether so

oft gefällt, bis ich in dem Filtrate keine Reaction auf die fluorescirende Substanz mehr bekam.

Eine Probe (0,035 g) mit metallischem Kalium geschmolzen, ergab nur eine ganz schwache Reaction auf Stickstoff. Nach dem Trocknen bei 100° ergab die Elementaranalyse dieser Substanz folgende Werthe:

angew. Substanz: 0,1530 g
0,3220 g CO_2 = 0,08782 C = 57,39 % C
0,0692 g H_2O = 0,0077 H = 5,08 % H.

Aus diesen Resultaten geht somit hervor, dass sowohl dem Manacin, als auch dem Manaceïn das Aesculetin, die Valeriansäure und eine dritte, vielleicht huminartige Substanz gemeinsam sind.

C. Pharmakologischer Theil.

Nach den Berichten von Martius[1]) stand die Manaca in Brasilien längst in dem Rufe eines starken Drasticums. Sie wurde von den Indianern als Gegengift gegen Schlangenbiss gebraucht und soll in grösseren Dosen heftiges Erbrechen verursachen. In Parà wurde sie als das beste Mittel gegen Lues inveterata gerühmt. Das zerquetschte Kraut, die Wurzel und die jungen Aeste fanden zu warmen oder kalten Umschlägen Verwendung, zum inneren Gebrauch diente das kalte wässerige Infus. Nach interner Aufnahme soll einem Gefühle von Schmerz in den Muskeln reichliche Schweisssecretion folgen.

E. P. Brewer[2]) stellte mit dem Fluidextracte Versuche an Katzen und Fröschen an und kam nach weiteren Versuchen an sich selbst zu den Resultaten: 1. Es ist keine Wirkung auf das Gehirn und auf die Sinnesorgane zu verzeichnen. 2. Die hauptsächlichste Wirkung erstreckt sich auf das Rückenmark, die motorischen Centren werden gereizt, die Reflexthätigkeit herabgesetzt. Ebenso erfolgt 3. Depression der Reflexcentren des Herzens und der Athmung. 4. Die Drüsen werden gereizt, besonders die Speichel-, Magen-, Darm- und Hautdrüsen, die Leber und die Niere. 5. Die Dauer

1) Martius, a. a. O.
2) Pharmaz. Jahresb. 1884, S. 1178.

der Wirkung beträgt ca. 3½ Stunden. 6. Die wirksamen Bestandtheile sind in dem Infusum der Wurzel vorhanden.

Im Weiteren erprobte Lenardson[1]) das von ihm gefundene Alkaloid an Thieren und beobachtete bei einem Frosche nach Injection von 0,01 g des Alkaloids in salzsaurer Lösung nach 3 bis 5 Minuten starke Muskelzuckungen, vermehrte Schleimabsonderung von Seiten der Haut, Lähmung der sensorischen Nerven; nach Verlauf von 2 Tagen hatte sich das Thier wieder erholt. 0,02 g derselben Lösung verursachten bei einem zweiten Frosche neben den genannten Erscheinungen noch Lähmung der Extremitäten und den Tod nach einer Stunde. Bei einer Katze, die 0,3 g des Alkaloids per os erhielt, trat flüssige Kothentleerung nach einer Stunde auf, nebenbei wurden Zuckungen am Kopfe und Beschleunigung der Respiration beobachtet; 0,5 g per os hatten bei einer weiteren Katze neben der flüssigen Kothentleerung mit unverdauten Fleischüberresten starke Muskelzuckungen und Schleimsecretion aus der Nase zur Folge. Nach 24 Stunden traten auf Reiz noch reflectorische Muskelzuckungen auf, nach 3 Tagen hatte sich das Thier wieder erholt.

Lenardson kam zu dem Schlusse, dass die Muskelzuckungen peripher und klonisch sind und durch die Wirkung des Manacins auf die Muskelnervenenden hervorgebracht werden.

Da mir aus der Literatur weitere Angaben über Versuche sowohl mit dem Fluidextracte, als auch mit dem Infusum nicht bekannt wurden, lasse ich die Ergebnisse meiner Versuche, die ich mit dem von mir erhaltenen Manacin und Manaceïn angestellt habe, folgen.

Versuche an Fröschen mit Manacin.

Schon 2—5 Minuten nach subcutaner Injection von 2—5 mg Manacin in 2 %iger wässeriger Lösung tritt Beschleunigung der Respiration auf, zugleich werden Muskelzuckungen am Kopfe und den vorderen Extremitäten bemerklich. Das Thier macht noch einige lebhafte Sprünge, bleibt dann ruhig sitzen. Die Athmung ist nach Verlauf von 10—15 Minuten sehr dürftig oder hat ganz ausgesetzt. Unterdessen sind die Zuckungen auch an den Muskeln

1) a. a. O.

des Thorax und an den hinteren Extremitäten sichtbar geworden, die Bauchmuskeln zeigen ein förmliches Wogen, das Thier ist wie in Schaum gehüllt wegen starker Hautsecretion. Nach einem angestrengten, krampfartigen Sprunge nimmt das Thier die Rückenlage ein, kehrt jedoch auf Berührung in die Bauchlage zurück und bleibt nach mehreren krampfhaften Sprüngen einige Minuten ruhig sitzen — an allen Muskelgruppen jetzt lebhaftes Zittern aufweisend. Dann beginnt es, fortwährend die Beine krampfhaft abzustossen und wieder anzuziehen, bis es mit ausgestreckten Beinen liegen bleibt. (Beginn der Lähmung.) In diesem Stadium können willkürliche Bewegungen nicht mehr ausgeführt werden, auf Kneipen erfolgt erst nach einiger Zeit Reaction. (Abnahme der Reflexerregbarkeit.) Das Muskelzittern nimmt ab oder hört ganz auf, nimmt auf Berührung des Thieres zu oder tritt, falls es erloschen sein sollte, wieder ein, hält jedoch nur kurze Zeit an. Das Herz schlägt sehr schwach und bleibt etwa eine Stunde nach der Injection einer Dosis von 5 mg in Diastole stehen, auf mechanischen Reiz beginnt es für kurze Zeit wieder zu schlagen. (Lähmung der motorischen Ganglien.) Das Muskelzittern ist nun auch auf Berührung nicht mehr auszulösen, das Herz nicht mehr erregbar. Reizt man den freigelegten N. Ischiadicus, so treten kräftige Zuckungen auf, etwas schwächere Erregbarkeit zeigen die Muskeln. Sehr bald wird in den gestreckten Beinen eine eigenthümliche Starre bemerkbar. Diese Muskelstarre befällt genau, wie das Muskelzittern, zunächst die vorderen Extremitäten und schreitet von da nach den hinteren fort, nach ca. 6 Stunden (von der Injection ab) sind auch die hinteren Extremitäten vollkommen starr.

Beleg 1. Frosch.

9 h 30 Injection: 5 mg in 2%iger Lösung.

9 h 35 Zucken der Halsmuskulatur, Athmung sehr frequent.

9 h 40 Die Muskelzuckungen sind auch am Thorax wahrnehmbar; gewaltiges Wogen der Bauchmuskeln. Athmung sehr flach, aussetzend.

9 h 45 Athmung steht still; das Thier liegt auf dem Rücken, bei Berührung springt es lebhaft herum. Krampfhaftes Anziehen und Abstossen der Extremitäten, Muskelzittern nun auch an den hintern Extremitäten. Sehr starke Hautsecretion.

9 h 50	Zittern sämmtlicher Muskelgruppen, blitzartige Zuckungen durch das ganze Thier, rasches Strecken und Anziehen der Beine.
9 h 55	Lässt die Hinterbeine gestreckt, die Vorderbeine in der Umklammerungsstellung (Männchen) krampfhaft nach innen gezogen; auf Kneipen tritt die Reaction erst nach einiger Zeit auf. Willkürliche Bewegung ausgeschlossen.
10 h 35	Das fast erloschene Muskelzittern tritt auf Berührung an allen Körperstellen auf.
10 h 50	status idem.
12 h —	„ „ Auf Kneipen erfolgt keine Reaction mehr, die Herzcontractionen sind schwach, jedoch noch ziemlich frequent.
1 h —	Das Herz steht in Diastole still, auf mechanischen Reiz schlägt es kurze Zeit fort. Muskelzittern verschwunden, auch auf Reiz nicht mehr auszulösen.
2 h —	Herz nicht mehr erregbar. Muskel erregbar durch faradisch. Strom, Rollenabstand 8. Nerv. ischiad. „ „ „ „ 16.
2 h 10	Muskel erregbar „ „ „ „ 5. Nerv. ischiad. „ „ „ „ 9.
2 h 15	Die vorderen Extremitäten sind starr.
2 h 20	Die hinteren Extremitäten sind ebenfalls starr.

Von den erwähnten Wirkungen des Manacins habe ich zunächst festzustellen gesucht, ob der Ursprung des Muskelzitterns centraler oder peripherer Natur sei.

Zu diesem Zwecke unterband ich bei einem Frosche eine Arteria ischiadica und schaltete so das betreffende Bein von der Vergiftung aus. Während nach der Vergiftung des Thieres mit der geeigneten Dosis Manacin überall intensives Muskelzittern herrschte, zeigte das operirte Bein diese Erscheinung nicht. Bei einem anderen nach Durchschneidung des einen N. ischiadicus vergifteten Frosche zeigte sich das Muskelzittern am operirten Beine ebenso stark, jedoch nahm dasselbe früher ab, als am anderen.

Diese beiden Versuche sprechen deutlich dafür, dass die Erregung peripher gelegen ist; doch macht sich auch ein centraler Impuls geltend, indem einerseits das Muskelzittern bei jeder Bewegung intensiver, oder, wenn dasselbe schon aufgehört, wieder hervorgerufen wird, andererseits bei Thieren, bei denen der Nerv. ischiadicus durchschnitten ist, das Muskelzittern am operirten Beine nicht unterbleibt, aber um geraume Zeit früher

aufhört als am anderen. Die Erscheinung des Muskelzitterns tritt beim Manacin ganz ähnlich zu Tage, wie sie von Tappeiner[1]) für das Fluornatrium beschrieben wurde.

Um die weitere Frage, ob die Erregung vom Nerven oder vom Muskel ihren Ausgang nähme, zu beantworten, habe ich Frösche mit Manacin vergiftet und nach dem das Muskelzittern allseitig aufgetreten war, dieselben curarisirt. Das Muskelzittern nahm sehr bald ab und verschwand zuletzt. Es trat ferner überhaupt nicht auf bei Fröschen, die zuerst curarisirt und dann mit Manacinlösungen injicirt worden waren.

Aus diesen Resultaten geht demnach hervor, dass das Muskelzittern durch Erregung der motorischen Nervenendigungen hervorgerufen wurde. Der rasche Eintritt der bei den mit Manacin vergifteten Thieren beobachteten Muskelstarre steht entschieden unter dem Einflusse des Centralnervensystems; denn bei denjenigen Thieren, bei denen der Zusammenhaung mit dem Centralorgan nicht unterbrochen war, trat sie viel rascher auf, als bei anderen, bei denen Nerven durchschnitten waren. Bei einem Frosche, dessen Nerv. ischiadicus dextr. durchschnitten war, zeigten das linke Hinterbein, sowie der rechte Oberschenkel die Starre, am Unterschenkel des operirten Beines hingegen war dieselbe noch nicht eingetreten. Am letzteren waren der periphere Stumpf des N. ischiadicus und die Muskeln des Unterschenkels noch gut erregbar, während Muskeln und Nerv des anderen Beines längst nicht mehr reagirten. Bei Fröschen, die vor der Vergiftung mit Manacin curarisirt worden waren, trat die Muskelstarre erst um mehrere Stunden später auf und zwar ebenfalls zuerst an den vorderen Extremitäten.

Beleg 2.

Frosch, rechte Arteria ischiadica am Oberschenkel unterbunden.

9 h 35 Injection von 5 mg Manacin in 2%iger wässeriger Lösung.

9 h 45 Muskelzittern an allen Körperstellen. — Der Unterschenkel des operirten Beines zeigt diese Erscheinung nicht.

---

1) Tappeiner, Zur Kenntniss der Wirkung des Fluornatriums. Arch. f. exp. Pathol. u. Pharmakol. Bd. 25 S. 205.

10 h — Reflexe erloschen.
1 h 30 Herzstillstand.

	Farad. Reizung des N. ischiad.: links	rechts	Muskel: links	rechts
	Rollenabstand		Rollenabstand	
	26	26	14	14
2 h 30	17	18	11	14
3 h —	14	18	9	14
4 h —	8	16	8	12
5 h —	4	10	5	9

6 h — Die Extremitäten sind starr mit Ausnahme des rechten Unterschenkels.

Beleg 3.

Frosch, N. ischiadic. dextr. durchschnitten.

9 h 50 Injection von 5 mg Manacin in 2%iger wässeriger Lösung.
9 h 58 Muskelzittern allseitig, besteht auch am operirten Beine.
10 h 55 Muskelzittern nimmt am operirten Beine ab.
12 h 30 Muskelzittern hat am operirten Beine aufgehört, am andern schwach.
1 h — Herzstillstand.
1 h 5 Die Vorderbeine und das linke Hinterbein ganz starr, das operirte am Oberschenkel. Das nichtoperirte Bein reagirt auf faradische Reizung kaum mehr, die Muskeln des Unterschenkels, sowie der peripher Stumpf des N. ischiadic. noch gut; Muskel bei Rollenabst. 14.
Nerv „ „ 24.
4 h 15 Nichtoperirtes Bein reactionslos,
operirtes: Muskel 8 Rollenabstand
Nerv 13 „
5 h 30 Auch das operirte Bein reactionslos u. ebenso starr wie die anderen.

Beleg 4.

Frosch curarisirt.

10 h — Subc. Injection von 0,005 g Manacin in 2%iger wässeriger Lösung.
11 h — Muskelzittern tritt nicht auf.
3 h 55 Starre noch nicht wahrnehmbar.
7 h — Vordere Extremitäten vollkommen starr, an den hinteren Muskel und Nerv noch erregbar.

Wirkung auf Säugethiere.

Als erstes Symptom der Vergiftung ist nach Application selbst nicht letaler Dosen zunächst ein eigenthümliches Kopfschütteln zu bemerken, zu dem sich alsbald raschere Zuckungen einzelner Gesichtsmuskeln gesellen. Kaninchen und Meerschweinchen wechseln sehr häufig ihre sitzende Haltung, nun tritt Koth- und Harnentleerung

auf. Ein beständiges Lecken verräth den nun beginnenden Speichelfluss, auf den nach kurzer Zeit starke Thränensecretion folgt. Nach zwei- bis dreimaliger Harnentleerung folgt beständige Defäcation, oft bis der ganze Darm entleert ist. Die entleerten Kothmassen werden dann feucht oder breiig. Die Athmung ist beschleunigt und unregelmässig, ein Muskelzucken ist am ganzen Körper zu beobachten, bei Berührung tritt Steigerung der Zuckungen ein. Bei niederen Dosen (0,04 bis 0,05 g pro Kilo) konnte ich alle diese genannten Erscheinungen beobachten, nach Verlauf von 3 bis 5 Stunden erholten sich die Thiere wieder vollständig. Bei etwas höheren Dosen hingegen (0,065 g pro Kilo) folgten den. Muskelzuckungen Anfälle von allgemeinen Krämpfen, deren Beginn oft epileptiformen Charakter zeigte. Die Athmung steht während dieser Anfälle still, setzt hierauf wieder kräftig ein, und es erfolgen oft 5 bis 6 derartige Anfälle, bis sie endlich dauernd erlischt, während das Herz längere Zeit noch schwache Contractionen zeigt.

Bei Hunden ist die Athmung keuchend mit eigenthümlichen, an Singultus erinnernden, Unterbrechungen. Beständiger Drang nach Entleerung von Harn und Koth ist vorhanden, hierzu gesellt sich anhaltender Brechreiz, Trismus und Unsicherheit in der Haltung. Das Bewusstsein ist vorhanden, das Thier folgt den Lockrufen bis zum Eintritt eines nicht lange währenden comatösen Zustandes, der nach allgemeinen Krämpfen mit Respirationsstillstand endigt.

Bei allen Thieren war die schon Eingangs erwähnte, auffallend rasche Muskelstarre zu constatiren.

Der Sectionsbefund ergab bei allen Thieren die gleichen Merkmale: starke Hyperämie der Organe, speciell des Magen-Darmtractus, dessen Oberflächen stets mit schaumigem Secrete bedeckt waren. Der Darminhalt bestand in mehreren Fällen, wie beim Hund und einige Male bei Kaninchen, nur aus schleimigem Secrete, oder aber aus breiigen bis flüssigen Kothmassen. Die Harnblase war in allen Fällen entleert und stark contrahirt. Die übrigen Organe boten keine auffallenden Erscheinungen.

Beleg 5.

Kaninchen 1900 g. Resp. 84. Temp. 39,1 ° C.

9 h 35 Subc. Injection von 0,095 g Manacin in 2%iger wässeriger Lösung.

9 h 40	Harn und fester Koth. Respir. abwechselnd.
9 h 50	Lecken an der Schnauze und Zucken einzelner Muskeln des Gesichtes.
10 h —	Speichelfluss, Zittern des Kopfes und beständige opisthoton. Haltung.
10 h 7	Thränenfluss, fester Koth mit feuchter Oberfläche.
11 h 30	Respiration 120. Temp. 37,8°. Auf Berührung Zittern am ganzen Körper.
12 h —	Die Symptome gehen zurück.
2 h —	Respiration 90. Temp. 38,8°.
5 h —	frisst das Thier und zeigt auch in den nächsten Tagen keine Erscheinungen mehr.

Beleg 6.

Meerschweinchen, 572 g.

10 h 30	Injection von 0,1 g Manacin in 2%iger wässeriger Lösung.
10 h 40	auffallendes Nicken des Kopfes und eigenthümliche Pressbewegungen am Abdomen.
10 h 50	fester Koth mit feuchter Oberfläche.
10 h 55	Abgang breiigen Kothes. Speichelfluss, Zuckungen an den Extremitäten, leises Zittern.
11 h 30	Das Thier liegt auf der Seite, entleert beständig flüssigen Koth, milchig getrübtes Secret aus den Augen, besonders rechterseits. Das Thier macht Gehbewegungen und gibt beständig Laute von sich.
11 h 45	klonisch-tonische Krämpfe; Opisthotonus.
11 h 50	Lidreflex verschwunden. Heftige Krampfanfälle, Zähneknirschen, das Thier gibt Laute.
11 h 53	Respir. 120, abwechselnd.
12 h —	Krämpfe wie oben. Abgang flüssigen Kothes währt fort.
12 h 5	" " " " " " " "
12 h 12	" " " " " " " "
12 h 45	Tod. Herz schlägt noch schwach.

Section ½3 h. Das Thier zeigte um 1 h 15 hochgradige Starre.

An den Injectionsstellen zeigte sich nichts Besonderes.

In der Bauchhöhle war geringe Menge Flüssigkeit, die Eingeweide sehr feucht und glänzend.

Der Dünndarm und das Mesenterium hyperaemisch, der Dickdarm blass.

Der Magen zeigte im Innern schleimiges Secret und eine blutig tingirte Schleimhaut; dieselbe hochgradige Röthung mit schleimigen Belag zeigte der ganze Dünndarm. Der ganze Magen — Darmtractus — enthielt keine Futterreste; die Blase entleert, zeigte nichts Auffallendes.

Beleg 7.

Kaninchen 1850 g. Respiration 80. Temp. 39,2°.

10 h 10	subc. Injection von 0,13 g Manacin (0,065 g pro Kilogr.) in 2%iger wässeriger Lösung.
10 h 20	beständiges Kopfschütteln, Zuckungen an den Gesichtsmuskeln.

10 h 30 Harn und fester Koth.
10 h 35 Respir. 134. Fester Koth.
10 h 45 Krampfhafte Zuckungen am ganzen Körper; auf Berührung tritt Steigerung derselben ein; beständiges Lecken und Kauen.
10 h 55 Speichelfluss, wenig Harn, feuchter Koth; das Thier macht plötzlich in einem epileptischen Anfalle einen weiten Sprung, bleibt unter klonischen und tonischen Krämpfen auf der Seite in einem lange anhaltenden Opisthotonus und Trismus liegen. Starke Thränensecretion. Temp. 37,3°.
11 h — Das Thier bleibt auf der Seite liegen, athmet sehr angestrengt, beständiges Zittern an der Oberfläche, die allgemeinen Krämpfe wiederholen sich, die Vorderbeine sind gestreckt, die hintern angezogen. Defäcation währt fort.
11 h 10 Die Krämpfe wiederholen sich in kurzen Zwischenpausen, und nach einem lange währenden Opisthotonus setzt die Athmung nicht wieder ein. Das Herz schlägt noch.
11 h 20 Die Extremitäten sind vollständig starr.

Beleg 8.

Hund 5070 g. Temp. 38,2°.

3 h 50 Injection von 0,35 g Manacin in 2%iger wässeriger Lösung (0,07 pro Kilogramm).
3 h 53 Starke Dyspnoe, Brechreiz, Husten.
3 h 55 Harn in grosser Menge.
3 h 57 Thränensecretion, Speichelfluss, Erbrechen, Harndrang, etwas Koth.
4 h — Trismus, eigenthümlicher, taumeliger Gang, fällt nach einer Seite hin, das Thier steht wieder auf, geht immer rückwärts. Urindrang, Kothentleerung keine. Das Thier bleibt längere Zeit in hockender Stellung.
4 h 5 Das Thier fällt von einer Seite auf die andere, Bewusstein vorhanden, beständige Schluckbewegungen und Singultus. Temp. 36,5°.
4 h 17 Erbrechen, Harndrang (Entleerung keine), Trismus und Zittern der ganzen Kopfmuskulatur.
4 h 35 Epileptiforme Krämpfe, die vier Beine gestreckt.
4 h 38 beginnt ein comatöser Zustand, Athmung angestrengt, tief.
4 h 45 klonische, tonische Krämpfe, Opisthotonus, Respir. steht still.
4 h 48 Respir. hat wieder eingesetzt, Krämpfe wie oben, Athmung erloschen. Herz schlägt noch schwach. Eingeweide alle sehr feucht, schaumig glänzend. Magen und Darm hyperämisch, beide nur schleimigen Inhalt zeigend, Blase contrahirt und vollkommen leer.
5 h 15 Sämmtliche Muskeln starr.

Kreislauf und Athmung.

Die diesbezüglichen Versuche habe ich an Kaninchen angestellt, bei denen ich eine 2%ige Manacinlösung aus einer genau getheilten Bürette langsam in die Vena jugularis externa einlaufen

liess. Der Blutdruck erfährt, wie Beleg 9 zeigt, nach Einführung von kleinen Mengen Manacin eine geringe Steigerung von 88 mm bis 110 mm bei gleicher Pulsfrequenz (207), letztere nimmt für kurze Zeit ab (120), um dann wieder zur ursprünglichen Zahl (207) zurückzukehren, während der Blutdruck die Höhe von 127 mm erreicht hat. Unterdessen ist schon starke Secretion der Speichel- und Thränendrüsen aufgetreten und in mässigen Zeitabschnitten erschüttern krampfhafte Zuckungen das Thier. Mit dem höchsten Stande des Blutdruckes haben letztere auch die grösste Intensität erreicht, die Höhe der Pulse ist die gleiche geblieben. Nach grösseren Dosen sinkt der Blutdruck (auf 50 mm) herab und die Pulszahl wird kleiner, die Höhe derPulse bleibt die gleiche. — Die Ursache dieses Absinkens des Blutdruckes ist in der Lähmung des vasomotorischen Centrums zu suchen; denn während des vorübergehenden Stillstandes der Athmung steigt der Blutdruck nicht mehr an. Allerdings ist nicht unberücksichtigt zu lassen, dass ein geringer Antheil an dieser Blutdruckerniedrigung auch auf Herzschwäche zurückzuführen ist; denn bei manueller Compression der Bauchaorta wird nur eine Steigerung von 50 mm auf 59 mm erzielt. Einige Zeit nach der Lähmung der Vasomotoren treten die allgemeinen Krämpfe in ganz heftiger Weise auf.

Mit der allmählichen Steigerung des Blutdruckes nehmen die Athemzüge an Frequenz und Intensität zu und ihre Reihenfolge zeigt stete Unterbrechungen. Die Anzahl steigt zunächst von 63 auf 72 und die Höhe des Hebelausschlages nimmt von 14 mm bis 17 mm zu. Eine Steigerung der Frequenz und eine Erhöhung des Hebelausschlages ist dann weiter su verzeichnen — erstere hat gerade das doppelte der ursprünglichen Anzahl und zugleich die grösste Intensität erreicht zur Zeit, als der Blutdruck den Beginn des Sinkens wahrnehmen lässt. Von diesem Culminationspunkt fällt sie rasch ab — weniger an Frequenz, die immer noch über der anfänglichen steht, als an Intensität (von 19 mm Hebelausschlag auf 6 mm), um dann für kurze Zeit ganz auszusetzen. Nach künstlicher Respiration wird die ursprüngliche Anzahl der Athemzüge wieder ausgelöst, die Höhe des Hebelausschlages beträgt hingegen nur mehr die Hälfte der früheren. Nach einiger Zeit setzt

die Athmung wieder aus, kehrt entweder von selbst oder doch sicher durch künstliche Beihilfe wieder zurück, um dann noch vor dem Herzstillstand in Folge Lähmung ihres Centrums definitiv zu erlöschen.

Beleg 9.

Kaninchen, 2300 g, tracheotomirt, erhält intravenös: 0,17 g Manacin.

Zeit	Puls in 1 Min.	Druck mm Hg	Athmungs-frequenz	Stärke des Hebel-ausschlages	
3 h 18	207	88	63	14	
3 h 19—33	207	110	72	17	Beginn d. Einl. 0,08 g Speichelfluss
3 h 33	120	110	84	17	Thränensecr.
3 h 48	207	127	99	18	eingelauf: 0,09 g krampfh. Zuck.
4 h 03	—	112	90	18	„ 0,14 g Krämpfe, Harn u. Koth
4 h 13	156	70	117	19	„ 0,17 g Krämpfe bis zum Schluss
4 h 18	165	50	93	14	4 h 21 steht Respir. still u. setzt
4 h 24	—	50	78	6—10	auf künstl. Respir. wieder ein um 4 h 24
4 h 25	—	59	—	—	Aortencompression
4 h 28	222	36	78	3—5	4 h 33 Respirationsstilltstand, auf
4 h 30	—	38	—	—	künstl. Respir. Krämpfe
4 h 36	—	34	66	7—10	Athmung setzt wieder ein
4 h 42	—	32	66	7—3	4 h 38 Athmung still, setzt auf künstl. Respir. wieder ein 4 h 40
4 h 45	—	—	—'	—	erlischt dann wieder, künstl. Respir, und setzt hierauf nochmals ein. ist 4 h 45 definitiv erloschen.

Krämpfe.

Die Form der Krämpfe lässt es ausser Zweifel, dass dieselben centralen Ursprungs sein müssen. Es blieb daher nur zu untersuchen, ob sie als Folge der Lähmung der Athmungs- und Kreislaufsorgane oder directer Einwirkung auf die motorischen Centralorgane aufzufassen sind.

Wie schon erwähnt, treten erhebliche krampfhafte Zuckungen, die sich in geringen Zeiträumen wiederholen, schon zu einer Zeit

auf, zu der die Respiration nicht nur keine Einbusse erlitten, sondern vielmehr frequenter und ergiebiger geworden ist als vorher. In Folge von Respirationsstörungen können sie also nicht aufgetreten sein, um so mehr, als bei künstlicher Respiration dieselben nicht hintangehalten werden können.

Da die allgemeinen Krämpfe erst geraume Zeit nach Lähmung des vasomotorischen Centrums folgen, so kann in der Lähmung des letzteren die Ursache für das Entstehen der Krämpfe nicht gesucht werden und müssen sie daher als directe Folge der Manacinwirkung auf das Centralnervensystem aufgefasst werden.

Der sehr stark auftretende Trismus und das epileptiforme Einsetzen der Anfälle verlegen eine Ursache des Entstehens zwar nach dem Gehirne, doch geht aus den angestellten Versuchen mit aller Sicherheit hervor, dass das Rückenmark den grössten Antheil an dem Zustandekommen derselben für sich beansprucht.

Ich habe weissen Mäusen das Rückenmark zwischen dem fünften und sechsten Brustwirbel mittelst eines geeigneten Thermokauters von Paquelin durchgebrannt und die Wunde dann unter antiseptischen Cautelen verschlossen. Die Thiere waren kurze Zeit nach der Operation wieder lebhaft und frassen. Auf Kneipen an den hinteren Extremitäten oder am Schwanze folgten sofort lebhafte Bewegungen dieser Extremitäten. Nach Verlauf von 4 tägiger Beobachtung erfolgte die subcutane Applikation von 0,006 g Manacin in 2%iger wässeriger Lösung. Nach kurzer Zeit waren, wie die folgenden Belege zeigen, zuerst Zuckungen am Vorderthier und Speichelfluss bemerkbar, bald aber reihten sich diesen Erscheinungen die Krämpfe am Hinterthier an. Ich habe diese Versuche an 4 operirten Thieren angestellt und überall die gleichen Resultate erhalten.

Die Resultate, die ich aus den mit Manacin angestellten Versuchen erhielt, lassen dasselbe als ein krampferregendes Gift erscheinen. Nach früheren Annahmen sollten die krampferregenden Gifte die Körpertemperatur erhöhen. Aus den Untersuchungen von E. Harnack und W. Hochheim[1]) geht jedoch hervor, dass im Allgemeinen bei Anwendung krampferregender Mittel eine Temperatur-

1) Zeitschr. f. klin. Medicin, Bd. 25 H. 1 u. 2 S. 1.

abnahme zu verzeichnen sei. Die von mir beobachteten Thiere zeigen stets eine Temperaturabnahme von 1 bis 2° — Thatsachen, die für die von den genannten Autoren dargelegten Ansichten sprechen.

Beleg 10.

Weisse Maus.

9 h —	Subc. Inject. von 0,006 g Manacin.
9 h 10	Zucken der Gesichtsmuskeln, Wischen mit den vorderen Extremitäten, Beschleunigung der Respiration.
9 h 15	Speichelfluss, Thränensecretion; Zucken der Bauchmuskulatur. Harn, Koth.
9 h 25	Zittern am ganzen Körper, Emporschnellen des ganzen Thieres.
9 h 30	Vorderbeine gespreizt, Schwanz beständig in krampfhafter Bewegung über dem Rücken, ab und zu weicher Koth. Beständiges Zucken des Thieres.
9 h 45	Allgem. Krämpfe, das Thier fällt auf die Seite, die Respir. setzt aus, kehrt wieder zurück — nach drei solchen Anfällen
9 h 50	unterliegt das Thier dem vierten. Das Herz schlägt noch schwach.
10 h —	Die sämmtlichen Extremitäten sind starr.

Weisse Maus.

Rückenmark zwischen dem 5. u. 6. Brustwirbel durchtrennt.

9 h 15	Subc. Inject. von 0,006 g Manacin.
9 h 20	Zucken einzelner Gesichtsmuskeln, die vorderen Extremitäten machen abwechselnd Wischbewegung.
9 h 25	Speichelfluss, starkes Zucken der Kopfmuskulatur. Thränensecretion.
9 h 30	Die Vorderbeine gespreizt. Das Hinterthier zeigt bislang keine Erscheinungen.
9 h 33	Hinterbeine zeigen heftige klonische Krämpfe.
9 h 37	Strecken der Hinterbeine und krampfhaftes Anziehen, beständige Zuckungen am Vorder- und Hinterthier.
10 h 48	Allgem. Krämpfe, Schwanz in krampfhaften Contractionen nach oben und nach vorne. Anfälle wiederholen sich beständig.
10 h 5	Letzter Krampfanfall und Tod. Herz schlägt noch.
10 h 15	Vordere Extremitäten starr, hintere nicht.
9 h 25	Hintere Extremitäten ebenfalls starr.

Einwirkung auf Drüsen.

Endlich verdient noch eine weitere Wirkung des Manacins besondere Erörterung, nämlich die bei den Thieren beobachtete starke Secretion der Speichel- und Thränendrüsen.

Bekanntlich werden die durch Pilocarpin und Muscarin hervorgerufenen Hypersecretionen durch Atropin unterdrückt,

indem letzteres einen lähmenden Einfluss auf die nervösen Drüsentheile ausübt. Ich habe nun mehreren Kaninchen vor der Vergiftung mit Manacin Atropinlösungen injicirt; bei allen diesen Versuchen konnte ich nach Dosen von 0,02 g Atropin. sulfuric. keine Secretion der Speichel- und Thränendrüsen beobachten.

Harnentleerung und Defäcation erfolgten sehr bald nach der Vergiftung; Kothentleerung fand wie sonst öfter statt, nie war dessen Consistenz weich. Es wurden somit nicht nur die Secretion der Speichel- und Thränendrüsen, sondern auch Secretionen anderer Drüsen wesentlich eingeschränkt oder ganz aufgehoben. Der Darm dieser Thiere zeigte nicht den schleimig flüssigen Inhalt und den breiigen Koth, wie er bei den übrigen beobachtet worden war. Es wird somit die durch Manacin verursachte Erregung der secretorischen Darmelemente durch Einwirkung von Atropin aufgehoben.

Beleg 11.

Kaninchen, 1500 g. Temp. 39,4°.

3 h —	Injection 0,02 g Atropin. sulfuric.
3 h 5	Injection 0,13 g Manacin. Pupille sehr weit.
3 h 10	Respiration abwechselnd, Zucken der Muskeln des Gesichts. Harn und Koth.
3 h 30	Kothentleerung, Zittern an der ganzen Muskulatur. Koth fest.
3 h 45	Willkürliche Bewegung aufgehoben. Temp. 38,2. Koth fest. Vorderbeine nach auswärts.
4 h —	Epileptiforme Krämpfe. Koth fest.
4 h 20	Die Krämpfe wiederholen sich, Tod. Herz schlägt noch. Starke Hyperämie der Mesenterialgefässe, Darm zum Theil mit festem Koth gefüllt; das sonst auffällige, schaumige Aussehen der Gedärme nicht zu beobachten.

Einfluss auf Peristaltik.

Die erwähnten Durchfälle beziehungsweise öfteren Defäcationen finden in der stärkeren Secretion der drüsigen Elemente und der dadurch bedingten Vermehrung des Darmsaftes Erklärung.

Da aber nach Beseitigung der Hypersecretionen durch Atropin die Defäcationen nicht aufgehoben werden, so muss eine Erhöhung der Peristaltik stattgefunden haben. Letztere Vermuthung fand Bestätigung durch den im nachfolgenden Beleg näher bezeichneten Versuch.

Nach dem von Sanders-Ezn und Braam-Houckgeest[1]) angegebenen Verfahren wurde das Versuchsthier unter physiologischer Kochsalzlösung bei Körpertemperatur laparatomirt.

Der Darm im Kochsalzbad befand sich im Ruhezustand. Fünf Minuten nach erfolgter Injection der letalen Dosis Manacin traten Speichelfluss, Thränensecretion neben den sonstigen Erscheinungen auf. Sieben Minuten nach der Injection trat lebhafte Peristaltik und hochgradige Hyperämie des Darmes auf. Nach einer wellenförmigen Bewegung nehmen die einzelnen Dünndarmschlingen ein netzförmiges, höckeriges Aussehen an, erweisen sich nach weiteren Contractionen für kurze Zeit anämisch. Nach subcutaner Injection von 0,02 g Atrop. sulfuric. nimmt die Peristaltik an Intensität nicht wesentlich ab und erleidet auch auf weitere Injection der gleichen Dosis Atropin keine wesentliche Einbusse.

Da die Peristaltik nur etwas abgeschwächt, aber nicht aufgehoben wurde, so muss das Manacin sowohl auf die Ganglien, als auch auf die Muskulatur des Darmes einen erregenden Einfluss ausgeübt haben.

Beleg 12.

Kaninchen, 2120 g.

10 h 25 Im Kochsalzbad das Abdomen geöffnet. Der Darm steht still, die Blase ziemlich stark gefüllt.

10 h 30 Subc. Inject. von 0,15 g Manacin.

10 h 35 Auf wiederholte Schluckbewegungen folgt Speichelfluss. Die Secretion des einen Auges ist deutlich.

10 h 37 Tritt lebhafte Peristaltik des Dünndarms ein; ausgesprochene Hyperämie, die einzelnen Darmschlingen nehmen nach einer wellenförmigen Bewegung ein fast netzförmiges, höckeriges, marmorirtes Aussehen an und bleiben in dieser Situation einige Zeit. Das Bild erinnerte an eine krampfhafte Contraction der Darmmuskulatur; auf Berührung der Schlingen trat eine wellenförmige Bewegung auf, und es erfolgte eine lebhafte Contraction, wobei der Darm neben Anämie eine langgezogene bleistiftartige Form mit glatter Oberfläche annahm.

11 h 5 Erfolgt Injection von 0,02 g Atropin. sulfuric. Die Peristaltik nimmt im Allgemeinen etwas ab, der Darm bleibt aber nicht vollkommen still, die netzförmigen Contractionen sind nur stellenweise verschwunden und reagiren auf Berührung wie oben angegeben.

11 h 10 Nochmals 0,02 g Atropin. Status idem.

1) Pflüger's Arch. 1872, Bd. 6 S. 266.

11 h 30 Lebhafte Krämpfe; Respiration, die vorher etwas beschleunigter war, steht still. Künstliche Respiration, Herz sehr schwach.
11 h 35 Herz ebenfalls still.

Manaceïn.

Diese Substanz ist wie in ihren chemischen Beziehungen, so auch in ihren pharmakodynamischen dem Manacin sehr nahe. Da das Manaceïn, aus conc. alkoholischen Lösungen ausgeschieden, immer eine einheitliche Form — Kugelform — zeigte, so war anzunehmen, dass diese Substanz absolut rein und ihre Wirkungen demnach intensiver sein müssen, als die des Manacins, aus dem es ja hervorgegangen. Diese Vermuthung fand jedoch keine Bestätigung; denn die Art der Wirkung des Manaceïns ist zwar die gleiche, aber die Intensität bei Säugethieren wenigstens 5—10 Mal geringer.

Während das Manacin in Dosen von 0,003 g bei Fröschen Respirationsstörungen und krampfhafte Zuckungen schon nach fünf Minuten hervorruft, bringen die gleichen Dosen Manaceïn gar keine auffallenden Wirkungen hervor. Erst nach Gaben von 0,01 g entstehen die gleichen Vergiftungssymptome.

Die geringere Intensität der Wirkung tritt noch mehr zu Tage bei Säugethieren. Das Manacin wirkt nach subcutaner Application in Dosen von 0,05 g bis 0,06 g pro Kilo im Allgemeinen bei Kaninchen und Hunden unter den oben beschriebenen Erscheinungen nach Verlauf von etwas über einer Stunde tödtlich. Manaceïngaben von 0,15 g bis 0,2 g pro Kilo (also die 3—4fache Menge) hingegen rufen bei den genannten Thieren zwar gewisse Erscheinungen, wie Respirationsstörungen, Speichel- und Thränenfluss, Zittern der Kopfmuskulatur, vermehrte Kothentleerung hervor, aber die Wirkung ist nach Verlauf von einigen Stunden wieder vollkommen aufgehoben; die Thiere fressen und lassen später keinerlei Nachwirkungen erkennen. Erst Dosen von 0,4 g bis 0,6 g pro Kilo hatten nach subcutaner Application unter den gleichen Erscheinungen des Manacins den Tod zur Folge.

Wie Beleg 16 zeigt, treten nach intravenöser Application von Manaceïnlösungen (0,5 g pro Kilo) von Seiten des Blutkreislaufes die gleichen Erscheinungen auf, wie beim Manacin. Der Blutdruck lässt ein allmähliges Ansteigen erkennen bei fast gleicher Puls-

frequenz; letztere zeigt die gleiche Anzahl (198), wie vor Beginn der Vergiftung, auch noch zur Zeit des höchsten Standes des Blutdruckes (133 mm). Mit dem nun erfolgenden Absinken des Blutdruckes nimmt die Anzahl der Pulse zu, um dann bei gleicher Intensität immer unter der ursprünglichen Anzahl zu bleiben. Das Sinken des Blutdruckes ist auch hier wieder vorzugsweise bedingt durch Lähmung des vasomotorischen Centrums; denn 30 Secunden Erstickung rufen keine Steigerung des Druckes hervor.

Herzschwäche ist zwar auch hier vorhanden, sie trägt jedoch einen geringen Antheil an dem Sinken des Blutdruckes, da Compression der Bauchaorta noch eine ziemlich beträchtliche Erhöhung zur Folge hatte.

Die Respiration zeigt unter allmähligem Ansteigen der Blutdruckscurve bald eine geringe Vermehrung, bald eine geringe Abnahme der Frequenz, in beiden Fällen jedoch keine Abnahme der Höhe des Hebelausschlages. Mit dem höchsten Stande des Blutdruckes haben auch Frequenz und Intensität der Athmung ihren Culminationspunkt erreicht. Während des Absinkens des Blutdruckes nimmt die Respiration an Intensität zunächst ab, setzt auch stellenweise ganz aus, kehrt dann von selbst oder auf künstliche Respiration wieder zur anfänglichen Frequenz zurück. Letztere Erscheinung wiederholt sich beim Manaceïn, ebenso wie beim Manacin.

Das Muskelzittern, die krampfhaften Zuckungen setzen genau zur selben Zeit ein, die allgemeinen Krämpfe tragen denselben Charakter, wie beim Manacin. Bei weissen Mäusen treten die Krämpfe nach Durchtrennung des Rückenmarkes am Hinterthier ebenfalls auf. Die Herabsetzung der Körpertemperatur, sowie auch die bei mit Manacin getödteten Thieren beobachtete rasch erfolgende Muskelstarre wurde auch nach Injection von tödtlichen Dosen Manaceïn beobachtet. Die für Manaceïn angegebenen Resultate habe ich aus einer grösseren Reihe von Versuchen erhalten, beschränke mich jedoch der leichteren Uebersicht halber auf die Anführung nachfolgender fünf Belege.

Beleg 13.

Frosch, subc. 0,01 g Manaceïn in 2%iger wässeriger Lösung.

10 h 14 Injection.
10 h 16 Unruhe, Herumspringen, einige Zuckungen an den vorderen Extremitäten.
10 h 25 Athmung unterbrochen, setzt wieder ein.
10 h 35 Athmung unterbrochen, das Thier öffnet den Rachen, Zittern der Vorder-Extremitäten.
10 h 40 Leib sehr stark aufgetrieben, Athmung stellenweise einsetzend.
10 h 45 Krampfhaftes Zucken und Zittern aller Muskeln.
11 h 30 Das Thier erträgt die Rückenlage.
11 h 55 Krampfhaftes Anziehen und Abstossen der Extremitäten. Muskelzuckungen dauern fort.
2 h — Muskelzittern abgenommen, kehrt auf Reiz wieder.
2 h 40 Muskelzittern verschwunden.
6 h — Herz sehr schwach.
6 h 30 Herz steht still.
6 h 40 Alle Extremitäten vollkommen starr.

Beleg 14.

Kaninchen, Gewicht 1950 g. Temp. 39,1°. Subc. Inject. 0,3 g Manaceïn.

9 h 45 Respiration 80.
9 h 47 Injection.
9 h 53 Respiration 120.
10 h — Kopfschütteln, Kaubewegungen, Zucken einzelner Gesichtsmuskeln.
11 h — Respir. 136. Temp. 37,2°. Speichelfluss, Thränensecretion, Koth.
1 h — Respir. 136. Koth weich, Harn.
2 h — Respir. 136. Koth weich.
3 h — Respir. 115. Temp. 38,7°. Folgen keine weiteren Erscheinungen.

Beleg 15.

Kaninchen, 2200 g. Temp. 39,2°. Subc. Inject. 0,6 g Manaceïn.

9 h 25 Respir. 82.
9 h 30 Injection.
9 h 50 Respir. 100. Speichelfluss, Zittern der Kopfmuskulatur.
10 h 30 Respir. 132. Speichelfluss, Koth fest, Harn.
10 h 10 Respir. 130. Speichelfluss u. Thränensecretion. Temp. 37,9°. Krampfhafte Zuckungen, Koth sehr weich.
12 h — Respir. 92. Koth sehr weich.
3 h — Respir. 108. Koth. Temp. 39,0°.
4 h — Respir. 90. Koth. Temp. 39,2°.
6 h — Respir. 90. Frisst und zeigt keine besonderen Erscheinungen mehr.

Beleg 16.

Kymographischer Versuch.

Kaninchen, 2370 g. Intravenöse Injection von 1,08 g Manaceïn in 5%iger wässeriger Lösung.

Zeit	Puls in 1 Min.	Druck mm Hg	Athmungs-frequenz	Stärke des Hebel-ausschlages	
10 h 13	198	93	72	11	Temp. 39,4°
10 h 16	216	99	78	16	Beginn des Einlaufes.
10 h 23	180	95	66	18	Eingelaufen sind: 0,15 g.
10 h 30	189	110	72	17	Krampfh. Zuckungen, Speichelfl.
10 h 39	180	106	69	15	Eingel. sind: 0,35 g. Krämpfe.
10 h 46	158	118	72	11	Koth, Krämpfe, Temp. 37,6°
10 h 49	183	110	69	20	
10 h 59	201	116	72	19	
11 h 8	198	133	78	20	Krämpfe, Thränenfluss.
11 h 23	210	133	72	20	Eingel. sind: 0,60 g.
11 h 53	198	133	93	21	„ „ 0,95 g Koth.
12 h —	216	124	87	15	„ „ 1,08 g Koth. Krmpf.
12 h 7	218	74	96	10—16	Athmung sehr unregelm., allgem.
12 h 12	210	69	93	2—5	Muskelzittern.
12 h 37	156	38	54	2—4	12 h 38 Stillstand der Respir., auf
12 h 44	142	46	90	12—18	künstl. Respir. setzt Respiration wieder ein.
12 h 48	171	45	—	—	30 Sec. Erstickung.
12 h 50	144	76	—	—	Compression d. Bauchaorta, Pulse
12 h 57	180	32	87	5—10	doppelt so hoch.
12 h 58	—	58	—	—	Compression der Bauchaorta.
1 h 2	147	27	24	5	
1 h 4	102	17	18	3	Respirat. erlischt und setzt nach
1 h 8	120	27	18	2	künstl. Respir. wieder ein, er-
1 h 10	—	—	—	—	lischt um 1 h 10 definitiv.
1 h 20	—	—	—	—	Alle Extremitäten starr.

Beleg 17.

Weisse Maus. Rückenmark durchtrennt. Subc. Inject. 0,03 g Manaceïn.

8 h 30 Injection.
8 h 40 Zucken der Gesichtsmuskeln.
8 h 45 Speichelfluss, Thränensecretion, Trismus, Athmung vermehrt.
8 h 55 Vorderbeine gespreizt.
9 h 00 Klonische Krämpfe am Hinterthier.
9 h 10 Krampfhaftes Anziehen und Strecken der Vorder- und Hinterbeine. Beginn der allgemeinen Krämpfe.

9 h 17 Allgemeine Krämpfe wiederholen sich.
9 h 23 Unter heftigen Krämpfen Tod, Herz schlägt noch schwach.
9 h 30 Vorderbeine starr — hintere nicht.
9 h 40 Hinterbeine auch starr.

Die Wirkungsweisen der von mir dargestellten Substanzen sind durch vorstehende Resultate genügend charakterisirt. Die Darlegung der chemischen und pharmakologischen Beziehungen der beiden Substanzen zu einander erfordert jedoch noch weitere Untersuchungen. Um dieselben sofort zu unternehmen, bedurfte es grösserer Mengen Materials, das mir, weil es sehr schwer zu beschaffen ist, zur Zeit nicht zur Verfügung steht. Sobald mir jedoch durch Gewinnung hinreichenden Materials die Möglichkeit zu weiteren Untersuchungen gegeben ist, werde ich die Bearbeitung wieder in Angriff nehmen.

Calorimetrische Untersuchungen am hungernden Kaninchen im fieberfreien und fieberhaften Zustande.

Von

Dr. E. Nebelthau,
Assistenzarzt an der medicinischen Klinik zu Marburg.

(Aus dem hygienischen Institut und der medicinischen Klinik zu Marburg.)

Rubner[1]) hat den Beweis geliefert, dass das Gesetz von der Erhaltung der Kraft auch am lebenden Thiere Geltung hat. In 45 Versuchen, die je 21 bis 22 Stunden umfassen, zeigte er, dass die direct gemessene Wärmeabgabe genau der aus den Stoffwechselproducten berechneten Wärmemenge entspricht. Die Berechnung der Wärmeabgabe aus den Stoffwechselproducten oder die indirecte Calorimetrie, wie sie auch genannt wird, kann also der directen Calorimetrie als vollkommen gleichwerthig an die Seite gestellt werden, so lange es sich um Tagesversuche handelt.

Die indirecte Calorimetrie lässt uns alsbald im Stich, wenn es sich darum handelt, in kleinen aufeinanderfolgenden Tagesabschnitten die Wärmeabgabe zu bestimmen. Die Schwierigkeiten werden um so grösser, je kleiner man die Zeitabschnitte wählt, so dass es fast unmöglich erscheint, auf diesem Wege den Verlauf der stündlichen Wärmeabgabe genau zu verfolgen.

Durch die Vervollkommnung, welche die directe Calorimetrie durch Rubner[2]) erfahren hat, sind wir jedoch in den Stand gesetzt worden, die Wärmeabgabe eines Thieres von Stunde zu Stunde, durch Tage und Nächte auf das Genaueste zu verfolgen und zu messen. Wenn auch die Methode solcher ausgedehnten Messungen besonders durch den Mangel graphischer Apparate noch eine sehr

1) Rubner, Die Quelle der thierischen Wärme: a) Berl. klin. Wochenschrift 1891, No. 25 S. 605; b) Zeitschr. f. Biol. Bd. 30 N. F. 12 S. 73.

2) Rubner, Calorimetrische Methodik. Festschr. zu der 50jähr. Doctorjubelfeier des Hrn. Carl Ludwig. Marburg 1890, S. 33.

mühsame ist und sehr umfangreiche Berechnungen erfordert, so schien es mir doch sehr wünschenswerth, Versuche über den Verlauf der stündlichen Wärmeabgabe innerhalb 24 Stunden anzustellen, da solche bisher noch nicht vorliegen.

Es war zu erwarten, dass durch solche Versuche Aufklärung zu erlangen sei, in wie weit wir berechtigt sind, die Wärmeabgabe in den verschiedenen Tagesstunden einander zum Vergleich gegenüber zu stellen und aus Versuchen kürzerer Dauer verallgemeinernde Schlüsse zu ziehen. Auch zur Beleuchtung noch mancher anderer schwebender Fragen können, wie der Verlauf der Versuche zeigte, die Resultate meiner Untersuchungen verwerthet werden. Vor allen Dingen erhoffte ich aber, durch ein genaues Verfolgen der stündlichen Wärmeabgabe während des Fieberanstiegs und der Fieberhöhe unsere Anschauungen über das Wesen des Fiebers zu fördern.

Die experimentellen Untersuchungen am Thiere halte ich in dieser letzten Frage noch so lange für angezeigt, als wir dieselben am Menschen noch nicht mit derselben Vollkommenheit ausführen können und als wir hoffen dürfen, durch unsere Versuche neue Gesichtspunkte für die Beurtheilung der vorliegenden Frage zu erhalten.

Methodik der Versuche.

Die Versuche sind mit dem Calorimeter ausgeführt, wie es im Jahre 1888 in der Zeitschrift für Biologie von Rubner[1]) beschrieben worden ist, und zwar wurde die Form gewählt, welche von Rumpel[2]) zu seinen Versuchen über den Werth der Bekleidung benutzt wurde. Das Princip des Apparats beruht darauf, die Volumenszunahme, welche die in dem Mantelraum des Calorimeters eingeschlossene Luft durch die vom Versuchsthier abgegebene Wärme erfährt, zu messen. Zur Messung dient ein Spirometer, dessen Ausschläge durch Einführung genau bestimmbarer Wärmemengen in das Calorimeter zuvor geaicht sind.

Die mit dem Calorimeter zu messende Wärme entspricht dem grössten Theil der vom Thierkörper durch Leitung und Strahlung

1) Rubner, Ein Calorimeter für physiologische und hygienische Zwecke. Zeitschr. f. Biol. Bd. 25 N. F. 7 S. 400.

2) Rumpel, Ueber den Werth der Bekleidung und ihre Rolle bei der Wärmeregulation. Archiv f. Hygiene Bd. 9 S. 51.

abgegebenen Wärme. Ein kleiner Theil der durch Leitung und Strahlung abgegebenen Wärme erwärmt die zur Ventilation des Calorimeters dienende Luft und wird mit dieser fortgeführt. Derselbe wird berechnet aus der Menge der Ventilationsluft, die durch eine genau arbeitende Gasuhr gemessen wird, und aus der Temperaturerhöhung, welche die Ventilationsluft auf dem Wege durch das Calorimeter infolge der Erwärmung durch den Thierkörper erfährt.

Die Bestimmung des Wasserdampfes darf nach Rubner[1]) nicht unterlassen werden, „weil die mit dem Wasserdampf abgegebene Wärme in keinem Verhältniss zur Gesammtwärmeproduction oder zu der an das Calorimeter und die Ventilationsluft abgegebenen Wärme steht". Durch Bestimmung des Feuchtigkeitsgrades der in das Calorimeter einströmenden und ausströmenden Luft mittelst feiner Haarhygrometer, konnte nach dem Vorgange von Rubner[2]) die stündliche Wasser-Abgabe berechnet und so die durch Wasserverdunstung gebundene Wärme[3]) auf das Genaueste in Betracht gezogen werden.

Um den Einfluss der Schwankungen des Luftdrucks und der Temperatur der umgebenden Luft auszuschalten, wurde neben dem zur Aufnahme des Thieres bestimmten Calorimeter, durch einen grossen Pappdeckel von ihm getrennt, ein sogenanntes Corrections-Calorimeter aufgestellt. Das mit dem Corrections-Calorimeter in Verbindung stehende Spirometer zeigt also an

I. den Einfluss des Temperaturwechsels der umgebenden Luft,
II. die Luftdruckschwankungen.

Das Spirometer, welches mit dem zur Aufnahme des Thieres bestimmten Calorimeter verbunden ist, wird bewegt

I. durch den Einfluss des Temperaturwechsels der umgebenden Luft,
II. durch die Luftdruckschwankungen,
III. durch die Wärmeabgabe des Thieres.

Durch Berücksichtigung der Ausschläge beider Spirometer erhalten wir genau diejenige Grösse, welche der vom Thiere abgegebenen

1) Rubner, a. a. O. (S. 293, 1 b) S. 114.

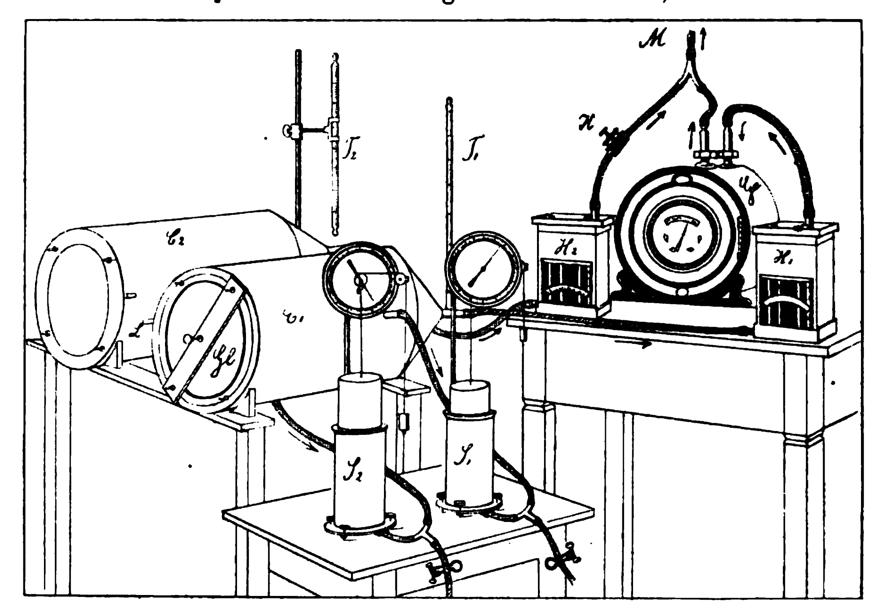
2) Rubner, a. a. O. (S. 293, 2) S. 59.

3) 1 g Wasser wurde mit rund 0,6 Calorien in Anrechnung gebracht; vgl. Rubner, Zeitschr. f. Biol. Bd. 30 N. F. 12 S. 114.

Wärme entspricht. Die Aufstellung der Apparate ist aus beigefügter Skizze leicht zu übersehen.

C_1 entspricht dem Calorimeter, welches das Thier aufzunehmen bestimmt war.

Eine directe Berührung zwischen Thierkörper und Innenwand des Calorimeters wurde durch Einführung eines vorne und hinten verschliessbaren Cylinders aus Drahtgeflecht vermieden, der seinerseits



durch Holzstäbe isolirt wurde. Calorimeter C^1 ist durch eine Glasplatte Gl verschliessbar. Der erforderliche Abschluss zwischen Glas und Metall wurde durch Pech und Gummiringe erzielt. Der Lufteintritt fand bei dem seitlichen Ansatzrohr L statt und zwar wurde mittelst eines Schlauches die Luft an einer Stelle des Zimmers entnommen, wo die Temperatur genau durch Thermometer 2 T_2 bestimmt wurde. Von derselben Stelle wurde dauernd dem Hygrometer 2 H_2 Luft zugeführt, um fortgesetzt ihren Feuchtigkeitsgehalt beobachten zu können.

Das Corrections-Calorimeter C_2 blieb geöffnet und wurde keiner besonderen Ventilation bedürftig erachtet.

Die gesammte, durch das Calorimeter 1 geführte Ventilationsluft wurde, nachdem ihre Temperatur durch das eingeschaltete Thermometer 1 T_1 bestimmt war, durch das Hygrometer 1 H_1 geleitet

und in der Gasuhr Gr. gemessen. Die Ventilation wurde durch eine Münckelsche Wasserstrahlluftpumpe, die bei M angebracht war, besorgt. Das Hygrometer 2 bedurfte nur einer geringen Ventilation; dieselbe wurde durch eine Klemmschraube regulirt, welche an dem von dem Hygrometer abführenden Schlauch angebracht war.

Das Calorimeter 1 und das den Feuchtigkeitsgehalt der ausströmenden Luft bestimmende Hygrometer 1 wurde in den Versuchen I bis IV mit 905—1215 l Luft pro Stunde ventilirt, in den Versuchen V bis VII mit 490—620 l. Eine Condensation von Wasserdampf oder auch nur Einstellung des Apparats auf 100% wurde nie beobachtet.

Die den Calorimetern entsprechenden Spirometer sind mit S I und S II bezeichnet.

Die zwei erwähnten Thermometer und die den Hygrometern beigefügten Thermometer waren in 1/5 Grade getheilt und ebenso wie die Hygrometer auf das Genaueste untereinander verglichen und mit den nöthigen Correctionswerthen versehen. Die Aichung der von mir benutzten Calorimeter geschah durch Vergleichung mit den sorgfältig geaichten Apparaten des hygienischen Instituts und zwar durch Vergleichung des Luftinhalts der Mantelräume.

Während die Spirometer, die Hygrometer und sämmtliche vier Thermometer in Pausen von 10 Minuten abgelesen wurden und zwar mit Hülfe einer Lupe, so dass 1/10° genau notirt werden konnte, erfolgte die Ablesung der Gasuhr stündlich.

Der Barometerstand, welcher zur Berechnung der durch die Ventilationsluft fortgeführten Wärme bekannt sein muss, wurde jede 12. Stunde notirt. Diese zahlreichen Ablesungen wurden bei der langen Dauer der Versuche nur dadurch ermöglicht, dass mich cand. med. Wegeli bei meinen Versuchen in anerkennenswerthester Weise unterstützte.

Als Versuchsthier wurde das Kaninchen gewählt, und zwar wurden sämmtliche Versuche während des Hungerns ausgeführt. Einerseits war ich durch die Grösse meiner Apparate auf das Kaninchen verwiesen, anderseits veranlassten mich zu dieser Wahl die ausführlichen Stoffwechselversuche, welche bereits am Kaninchen angestellt wurden und die im Hunger grosse Gleichmässigkeit aufweisen. Neuerdings hat sich die Wahl noch insofern als vortheilhaft

Tabelle Ia. Versuch No. I.

Stunde	10. VIII. bis 11. VIII. Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung: an die Ventilationsluft	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen	11. VIII. bis 12. VIII. Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung: an die Ventilationsluft	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
5—6	2182	39,0	14,8	1,2115	4,3128	5,5244	2,5023	8,026	Beginn nach 24stündiger Carenz	—	—	18,1	1,1774	4,5675	5,7449	0,5468	6,292	
6—7			15,0	1,3765	4,3277	5,7042	2,0720	7,776		2116	39,1	17,7	1,2734	4,5524	5,8258	0,9654	6,791	
7—8			15,9	1,2362	4,1944	5,4306	1,3386	6,769										
8—9			16,1	1,3449	4,5072	5,8521	1,1475	7,000										
9—10			16,4	1,2437	4,7496	5,9933	1,6238	7,617										
10—11			16,8	1,4008	4,2683	5,6691	0,9337	6,603										
11—12			17,4	0,9818	4,1062	5,0870	0,7561	5,843										
12—1			17,6	1,2697	3,8878	5,1575	0,6092	6,767										
1—2			17,9	1,2507	4,0331	5,2838	0,9105	6,194										
2—3			18,1	1,2129	3,9748	5,1877	0,9563	6,144										
3—4			18,5	1,2551	4,0331	5,2882	0,9251	6,213										
4—5			18,8	1,3088	4,1797	5,4885	0,9567	6,445										
5—6			18,6	1,2986	4,5373	5,8359	0,8234	6,659										
6—7			18,3	1,2153	4,0331	5,2484	1,0239	6,273										
7—8			18,4	1,2486	4,8129	5,5615	1,0884	6,650										
8—9			18,7	1,1651	4,2980	5,4031	0,7165	6,120										
9—10			18,7	1,2187	4,3873	5,6060	0,5306	6,137										
10—11			18,3	1,1787	4,3277	5,5064	0,6229	6,129										
11—12			18,1	1,2169	4,4023	5,6192	0,5181	6,137										
12—1			18,2	1,1818	4,4322	5,6140	0,6236	6,238										
1—2			18,2	1,1814	4,5222	5,7036	0,6236	6,327										
2—3			18,2	1,0863	4,3426	5,4289	0,4583	5,887										
3—4			18,3	1,0728	4,3575	5,4303	0,6210	6,051										
4—5			18,3	1,1862	4,4023	5,2885	0,7551	6.044										
Summa	—	—	—	—	—	132,9118	23,1372	156,049										
Mittel pro Std.	2151	—	17,65	—	—	5,5380	0,9640	6,5020										
Mittel pro Kilo u. Stde.	—	—	—	—	—	2,5747	0,4481	3,0228										

Tabelle Ib. Versuch No. I.

Stunde	10. VIII. bis 11. VIII.							11. VIII. bis 12. VIII.						
	Mittleres Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht in Summa	Mittleres Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht in Summa
5—6	—	39,0	14,8	73	2,5317	1,1473	3,679	—	—	18,1	67	2,7082	0,2578	2,966
6—7			15,0	75	2,6189	0,9513	3,570	—	39,1	17,7	67	2,7502	0,4558	3,206
7—8			15,9	76	2,4958	0,6152	3,111							
8—9			16,1	76	2,6929	0,5281	3,221							
9—10			16,4	77	2,7601	0,7479	3,508							
10—11			16,8	76	2,6153	0,4307	3,046							
11—12			17,4	76	2,3479	0,3491	2,697							
12—1			17,6	75	2,8464	0,2816	3,128							
1—2			17,9	73	2,4447	0,4213	2,866							
2—3			18,1	72	2,4039	0,4431	2,847							
3—4			18,5	71	2,4529	0,4291	2,882							
4—5			18,8	70	2,5486	0,4444	2,993							
Mittelzahlen	2167	—	16,9	74	2,5572	0,5658	3,123	2117	—	17,9	67	2,7292	0,3568	3,086
5—6			18,6	69	2,7132	0,3828	3,096							
6—7			18,3	70	2,4433	0,4767	2,920							
7—8			18,4	72	2,5918	0,5072	3,099							
8—9			18,7	71	2,5217	0,3343	2,856							
9—10			18,7	69	2,6182	0,2478	2,866							
10—11			18,3	65	2,5747	0,2913	2,866							
11—12			18,1	65	2,6304	0,2426	2,873							
12—1			18,2	67	2,6316	0,2924	2,924							
1—2			18,2	67	2,6764	0,2926	2,969							
2—3			18,2	67	2,5506	0,2154	2,766							
3—4			18,3	67	2,5539	0,2921	2,846							
4—5			18,3	67	2,4913	0,3557	2,847							
Mittelzahlen	2137	—	18,6	68	2,5834	0,3276	2,911							

Tabelle IIa.

21. VIII. bis 22. VIII.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
5^{37}–6^{37}	1832	39,0	15,2	1,0945	3,2656	4,3601	1,5237	5,8838	Beginn nach 34 st. Carenz
6^{37}–7^{37}			15,4	0,8312	4,0039	4,8351	1,0430	5,8781	
7^{37}–8^{37}			15,6	0,9242	4,1944	5,1186	1,3024	6,4210	
8^{37}–9^{37}			15,7	1,0823	4,6280	5,7103	1,5929	7,3032	
9^{37}–10^{37}			16,0	1,0869	4,5826	5,6695	1,4196	7,0891	
10^{37}–11^{37}			16,3	1,0424	4,7191	5,7615	1,2415	7,0030	
11^{37}–12^{37}			16,8	1,0493	4,8261	5,8760	1,1938	7,0698	
12^{37}–1^{37}			17,1	1,0540	4,7955	5,8495	1,2161	7,0656	
1^{37}–2^{37}			17,4	1,0272	4,7649	5,7921	1,2442	7,0363	
2^{37}–3^{37}			17,7	0,9695	4,7802	5,7497	0,9631	6,7128	
3^{37}–4^{37}			17,9	0,9179	4,6128	5,5307	1,0084	6,5391	
4^{37}–5^{37}	1784	38,9	18,0	0,9430	4,6431	5,5861	0,9592	6,5453	
5^{37}–6^{37}			17,9	0,9485	4,4471	5,3956	1,2259	6,6215	
6^{37}–7^{37}			17,8	1,0117	4,6431	5,6548	0,9962	6,6510	
7^{37}–8^{37}			17,7	0,9855	4,8261	5,8116	0,9605	6,7721	
8^{37}–9^{37}			17,9	0,9693	4,9184	5,8877	0,8962	6,7839	
9^{37}–10^{37}			18,1	0,9791	4,9184	5,8975	0,9224	6,8199	
10^{37}–11^{37}			18,1	0,9475	4,9492	5,8967	0,8495	6,7462	
11^{37}–12^{37}			18,0	0,9836	4,8108	5,7944	0,8718	6,6662	
12^{37}–1^{37}			17,9	1,0113	4,7955	5,8068	0,8285	6,6353	
1^{37}–2^{37}			17,8	0,9944	4,8108	5,8052	0,6888	6,4940	
2^{37}–3^{37}			18,2	0,9379	4,6735	5,6114	0,6374	6,2488	
3^{37}–4^{37}			18,0	1,0213	4,6583	5,6796	0,7471	6,4267	
4^{37}–5^{37}			17,9	0,9389	4,6583	5,5972	0,7396	6,3368	
Summa						134,6777	25,0718	159,7495	
Mittel pro Stde.	1787		17,27			5,6116	1,0446	6,6562	
Mittel pro Kilo u. Stunde						3,1402	0,5845	3,7247	

22. VIII. bis 23. VIII.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
5^{37}–6^{37}			17,8	0,9843	4,9338	5,9181	0,9079	6,8260	
6^{37}–7^{37}	1736	39,0	17,8	1,0123	4,9184	5,9307	0,7859	6,7166	7 h Injection von 2 ccm Rothlauf-Bouill.-Cultur in die vena jugularis
7^{37}–8^{37}			17,2	0,774	3,1514	3,9254	1,4452	5,3706	
8^{37}–9^{37}			17,3	0,8804	3,5562	4,4366	1,3904	5,8270	
9^{37}–10^{37}			17,4	0,992	4,3426	5,3346	1,1288	6,4634	
10^{37}–11^{37}			17,5	1,018	4,9184	5,9364	1,1356	7,0720	
11^{37}–12^{37}			17,7	1,0433	4,9492	5,9925	1,0596	7,0521	
12^{37}–1^{37}			17,9	1,0274	4,9338	5,9612	0,8071	6,7683	
1^{37}–2^{37}		38,9	18,1	0,9844	4,8108	5,7952	0,8018	6,5970	
2^{37}–3^{37}			18,2	1,0263	4,2861	5,3124	1,0074	6,3198	
3^{37}–4^{37}			18,5	0,9727	4,5222	5,4949	0,8350	6,3299	
4^{37}–5^{37}		39,3	18,5	0,9727	4,5873	5,5100	0,8398	6,3498	
5^{37}–6^{37}			18,4	1,1066	3,3575	4,4641	0,8758	5,3399	
6^{37}–7^{37}			18,2	0,9222	4,7496	5,6718	0,9459	6,6177	
7^{37}–8^{37}	1680	39,0	18,3	0,8897	4,9802	5,8699	0,8257	6,6956	
									Während der Nacht bleibt Calorimeter leer
Summa						81,5538	14,7919	96,3457	
Mittel pro Stde.	1711		17,92			5,4369	0,9861	6,4230	
Mittel pro Kilo u. Stunde						3,1776	0,5763	3,7539	

Tabelle IIb.

21. VIII. bis 22. VIII.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen
5^{37}–6^{37}		39,0	15,2	75	2,3824	0,8326	3,215	
6^{37}–7^{37}			15,4	76	2,6588	0,5602	3,219	
7^{37}–8^{37}			15,6	76	2,8092	0,7148	3,524	
8^{37}–9^{37}			15,7	75	3,1408	0,8762	4,017	
9^{37}–10^{37}			16,0	76	3,1254	0,7826	3,908	
10^{37}–11^{37}			16,3	77	3,1831	0,6859	3,869	
11^{37}–12^{37}			16,8	79	3,2540	0,6610	3,915	
12^{37}–1^{37}			17,1	79	3,2461	0,6749	3,921	
1^{37}–2^{37}			17,4	78	3,2211	0,6919	3,913	
2^{37}–3^{37}			17,7	77	3,2042	0,5368	3,741	
3^{37}–4^{37}			17,9	73	3,0896	0,5634	3,653	
4^{37}–5^{37}		38,9	18,0	70	3,1280	0,5370	3,665	
Mittelzahl.	1808		16,59	76	3,0366	0,6764	3,713	
5^{37}–6^{37}			17,9	69	3,0271	0,6879	3,715	
6^{37}–7^{37}			17,8	68	3,2334	0,5056	3,739	
7^{37}–8^{37}			17,7	66	3,2678	0,5472	3,815	
8^{37}–9^{37}			17,9	67	3,3223	0,5057	3,828	
9^{37}–10^{37}			18,1	67	3,3353	0,5217	3,857	
10^{37}–11^{37}			18,1	67	3,3425	0,4815	3,824	
11^{37}–12^{37}			18,0	67	3,2900	0,4950	3,785	
12^{37}–1^{37}			17,9	67	3,3045	0,4715	3,776	
1^{37}–2^{37}			17,8	67	3,3093	0,3927	3,702	
2^{37}–3^{37}			18,2	68	3,2068	0,3642	3,571	
3^{37}–4^{37}			18,0	67	3,2504	0,4276	3,678	
4^{37}–5^{37}			17,9	67	3,2107	0,4243	3,635	
Mittelzahl.	1763		17,94	67	3,2586	0,4854	3,744	

22. VIII. bis 23. VIII.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen
5^{37}–6^{37}			17,8	67	3,4013	0,5217	3,923	
6^{37}–7^{37}		39,0	17,8	68	3,4163	0,4527	3,869	Injection
7^{37}–8^{37}			17,2	64	2,2666	0,8344	3,101	
8^{37}–9^{37}			17,3	65	2,5674	0,8046	3,372	
9^{37}–10^{37}			17,4	66	3,0942	0,6548	3,749	
10^{37}–11^{37}			17,5	65	3,4534	0,6606	4,114	
11^{37}–12^{37}			17,7	66	3,4942	0,6178	4,112	
12^{37}–1^{37}			17,9	66	3,4843	0,4717	3,956	
1^{37}–2^{37}		38,9	18,1	66	3,3943	0,4697	3,864	
2^{37}–3^{37}			18,2	66	3,1195	0,5915	3,711	
3^{37}–4^{37}			18,5	65	3,2346	0,4914	3,726	
4^{37}–5^{37}		39,3	18,5	64	3,2506	0,4954	3,746	
Mittelzahl.	1718		17,82	66	3,1812	0,5888	3,770	
5^{37}–6^{37}			18,4	64	2,6418	0,5182	3,160	
6^{37}–7^{37}			18,2	65	3,3640	0,5610	3,925	
7^{37}–8^{37}		39,0	18,3	66	3,4901	0,4909	3,981	
Mittelzahl.	1684		18,3	65	3,1656	0,5234	3,689	

Versuch No. II.

23. VIII. bis 24. VIII. — 24. VIII. bis 25. VIII.

Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
48	39,5							6 h			17,0	0,9129	4,5675	5,4804	0,8501	6,3305	
		14,5	0,7091	2,6246	3,3337	1,0843	4,4180	Injection	1517	40,2	17,1	0,8939	4,5373	5,4312	0,7479	6,1791	
		14,7	0,7725	3,0947	3,8672	1,0306	4,8978	von 2 ccm									
		15,4	0,9824	4,1062	5,0886	1,1807	6,2693	Rothlauf-			16,9	0,7856	3,9748	4,7604	1,3769	6,1373	
		15,8	1,0558	4,0477	5,1035	1,0918	6,1953	Bouillon-			16,7	0,9409	4,5675	5,5084	1,3119	6,8203	
		16,4	0,9294	3,8878	4,8172	1,1147	5,9319	Cultur in			16,9	0,9451	4,7496	5,6947	1,2348	6,9295	
		16,9	0,9317	4,1503	5,0820	1,0690	6,1510	die rechte			16,9	0,9258	4,6735	5,5993	1,1755	6,7748	
		17,3	1,0358	4,4322	5,4675	1,2176	6,6751	Ohrvene			16,9	0,9307	4,7343	5,6650	1,0930	6,7580	
	40,4	17,6	1,0552	4,5826	5,6378	1,0608	6,6986			39,8	17,0	0,9008	4,7496	5,6499	1,3481	6,9980	1 h 40 Urin
		17,9	0,9906	4,1062	5,0968	1,0510	6,1478				17,3	0,8098	4,1797	4,9895	1,6736	6,6631	gelassen
		18,1	1,0701	4,6583	5,7284	1,0984	6,8268				17,4	0,8646	4,6583	5,5229	1,0012	6;5241	
		18,3	1,0212	4,4471	5,4683	0,8896	6,3579				17,6	0,8596	4,628	5,4876	1,5204	7,0080	4 h 40 Urin
		18,2	0,9947	4,2980	5,2927	0,8372	6,1299				17,7	0,8868	4,6735	5,5603	1,3774	6,9377	gelassen
		17,9	0,9739	4,4322	5,4061	0,6628	6,0689		1440	35,8	17,6	0,9151	4,7955	5,7106	1,3748	7,0854	Collaps.
		17,7	0,9746	4,5826	5,5572	0,7864	6,3436										Tod
76	40,4	17,6	0,985	4,8261	5,8111	0,8272	6,6383										
		17,8	1,0103	4,6431	5,6534	0,9916	6,6450										
		17,8	1,0269	4,8568	5,8837	0,8460	6,7297										
					88,2852	16,8397	105,1249							71,0602	16,0856	87,1458	
06		17,05			5,1933	0,9905	6,1838		1487		17,12			5,4662	1,2373	6,7035	
					3,2336	0,6168	3,8504							3,6759	0,8321	4,5080	

Versuch No. II.

23. VIII. bis 24. VIII. — 24. VIII. bis 25. VIII.

d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
	39,5						Injection			17,0	65	3,5910	0,5570	4,148	
		14,5	70	2,0253	0,6587	2,684			40,2	17,1	67	3,5710	0,4920	4,063	
		14,7	70	2,3570	0,6280	2,985									
		15,4	70	3,1103	0,7217	3,832				16,9	65	3,1522	0,9118	4,064	
		15,8	69	3,1286	0,6694	3,798				16,7	66	3,6627	0,8723	4,535	
		16,4	70	2,9626	0,6854	3,648				16,9	66	3,8042	0,8248	4,629	
		16,9	70	3,1330	0,6590	3,792				16,9	64	3,7581	0,7889	4,547	
		17,3	69	3,3751	0,7529	4,128				16,9	64	3,8175	0,7365	4,554	
	40,4	17,6	68	3,4970	0,6580	4,155			39,8	17,0	62	3,8253	0,9127	4,738	Urin gelassen
		17,9	67	3,1671	0,6589	3,826				17,3	62	3,3945	1,1385	4,533	
		18,1	66	3,5754	0,6856	4,261				17,4	61	3,7747	0,6843	4,459	Urin gelassen
		18,3	65	3,4224	0,5566	3,979				17,6	62	3,7665	1,0435	4,810	
22		16,63	69	3,0683	0,6667	3,735		1491		17,65	64	3,6473	0,8147	4,462	
		18,2	65	3,3225	0,5255	3,848				17,7	64	3,8351	0,9499	4,785	
		17,9	64	3,4047	0,4173	3,822			35,8	17,6	62	3,9573	0,9527	4,910	Collaps
		17,7	64	3,5103	0,4967	4,007									
	40,4	17,6	65	3,6828	0,5242	4,207									
		17,8	64	3,5937	0,6303	4,224									
		17,8	64	3,7552	0,5398	4,295									
50		17,83	64	3,5447	0,5223	4,067		1443		17,06	63	3,8967	0,9513	4,848	

Tabelle IIIa.

25. VIII. bis 26. VIII. | 26. VIII. bis

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers
8—9	1979	39,3	14,9	1,0048	3,4537	4,4585	1,2232	5,6817	Beginn nach 36stündiger Carenz			
9—10			15,3	0,9124	3,6869	4,5993	1,0413	5,6406				
10—11			15,9	0,9486	4,3426	5,2912	1,5463	6,8375				18,7
11—12			16,5	1,0632	5,1200	6,1832	1,3351	7,5183				18,9
12—1			16,9	1,1208	4,7343	5,8551	1,3943	7,3494				19,2
1—2			17,4	0,9800	4,6128	5,5928	1,2643	6,8571				19,6
2—3			17,7	1,0260	4,9338	5,9598	1,3901	7,3499				19,9
3—4			18,0	0,9596	4,8415	5,8011	1,3434	7,1445				20,2
4—5			18,3	1,0310	4,5977	5,6287	1,3610	6,9897				20,3
5—6			18,4	0,9979	4,5826	5,5805	1,1534	6,7339				20,4
6—7	1933	39,4	18,2	1,0310	4,6887	5,7197	1,5133	7,2330	Bei Temperaturmessung viel Bewegung	1850	39,4	20,3
7—8			18,0	0,9084	4,7496	5,6580	1,5746	7,2326				
8—9			18,2	0,8721	4,9492	5,8213	1,2660	7,0873				
9—10			18,4	0,8618	4,9956	5,8574	1,0836	6,9410				
10—11			18,5	0,9119	5,0267	5,9386	1,0838	7,0224				
11—12			18,5	0,8848	4,9647	5,8495	1,2780	7,1275				
12—1			18,4	0,8574	5,0267	5,8841	0,9223	6,8064				
1—2												
2—3												
3—4			18,0	1,0070	5,2352	6,2422	1,1771	7,4193				
4—5			17,9	0,9517	5,2187	6,1704	0,9810	7,1514				
5—6			17,5	0,9249	4,7649	5,6898	0,9548	6,6446				17,4
6—7			17,5	0,9886	4,9647	5,9533	0,9241	6,8774		1808	41,2	17,4
7—8	1885	39,4	18,2	0,8994	4,7496	5,6490	0,9118	6,5608				17,9
Summa						125,4835	26,7228	152,2063				
Mittel pro Stde.	1932		17,57			5,7034	1,2146	6,9180		1844		19,18
Mittel pro Kilo u. Stde.						2,9523	0,6286	3,5809				

Tabelle IIIb.

25 VIII. bis 26. VIII. | 26. VIII. bis

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %
8—9		39,3	14,9	69	2,2553	0,6187	2,874					
9—10			15,3	69	2,3313	0,5277	2,859					
10—11			15,9	69	2,6872	0,7858	3,473				18,7	68
11—12			16,5	70	3,1402	0,6798	3,828				18,9	67
12—1			16,9	69	3,0376	0,7114	3,749				19,2	67
1—2			17,4	69	2,8597	0,6463	3,506				19,6	67
2—3			17,7	69	3,0529	0,7121	3,765				19,9	67
3—4			18,0	68	2,9784	0,6896	3,668				20,2	67
4—5			18,3	67	2,8966	0,7004	3,597				20,3	68
5—6			18,4	67	2,8782	0,5948	3,473				20,4	68
6-7		39,4	18,2	65	2,9560	0,7820	3,738			39,4	20,3	69
7—8			18,0	67	2,9306	0,8154	3,746					
Mittelzahl.	1956		17,12	68	2,8344	0,6886	3,523		1869		19,7	68
8—9			18,2	67	3.0194	0,6566	3,676					
9—10			18,4	65	3,0448	0,5632	3,608					
10—11			18,5	65	3,0926	0,5644	3,657					
11—12			18,5	65	3,0530	0,6670	3,720					
12—1			18,4	66	3,0769	0,4821	3,559					
1—2												
2—3												
3—4			18,0	65	3,2821	0,6189	3,901					
4—5			17,9	65	3,2512	0,5168	3,768				17,4	68
5—6			17,5	65	3,0039	0,5041	3,508				17,4	67
6—7			17,5	66	3,1484	0,4886	3,637			41,2	17,9	73
7—8		39,4	18,2	67	2,9938	0,4832	3,477					
Mittelzahl.	1909		18,11	66	3,0966	0,5544	3,651		1808		17,5	69

Versuch No. III.

27. VIII. — 27. VIII. bis 28. VIII.

Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
					9 h			18,5	0,9758	5,1364	6,1122	1,3945	7,5067	
					Injection			19,1	1,0390	5,0880	6,1270	1,2749	7,4019	
0,8000	4,1062	4,9062	1,7086	6,6148	von 2 ccm			19,7	0,9465	4,9338	5,8803	0,9960	6,8763	
0,8768	4,6431	5,5199	1,3738	6,8937	Rothlauf-			20,1	0,9500	4,8261	5,7761	0,9526	6,7287	
1,0764	5,7904	6,8668	1,6012	8,4680	Bouillon-			20,7	0,9260	4,7955	5,7215	1,0270	6,7485	
1,0290	5,3347	6,3637	1,2700	7,6337	Cultur in		41,7	21,3	1,0030	5,2187	6,2217	1,2993	7,5210	
1,1172	5,5525	6,6697	1,4979	8,1676	die rechte			21,8	0,9049	5,1200	6,0249	1,7612	7,7861	
0,9603	4,8722	5,8325	1,4394	7,2719	Ohrvene			22,0	1,0765	5,6710	6,7475	1,5390	8,2865	
1,1017	4,7802	5,8819	1,1545	7,0364				22,5	1,0160	5,1200	6,1360	1,3317	7,4677	
1,0010	4,9030	5,9040	1,1899	7,0939				22,6	1,2385	4,9030	6,1415	1,1276	7,2691	
0,9442	4,6128	5,5570	0,9849	6,5419		1764	41,4	22,4	1,0870	5,2683	6,3553	1,3648	7,7201	
					Thier bleibt über Nacht im Calorimeter									
0,8833	4,7191	5,6024	0,6840	6.2864										
0,8938	4,8261	5,7199	0,9068	6,6267										
0,7568	4,2683	5,0251	1,1208	6,1459										
		69,8491	14,9318	84,7809							67,2440	14,0686	81,3126	
		5,8207	1,2443	7,0650		1785		20,2			6,1131	1,2789	7,3920	
		3,1562	0,6748	3,8310							3,4245	0,7165	4,1410	

Versuch No. III.

27. VIII. — 27. VIII. bis 28. VIII.

Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen
						18,5	72	3,3896	0,7734	4,163	
			Injection			19,1	69	3,4026	0,7114	4,114	
2,6137	0,9103	3,524				19,7	69	3,2762	0,5548	3,831	
2,9459	0,7331	3,679				20,1	68	3,2235	0,5315	3,755	
3,6709	0,8558	4,526				20,7	65	3,1997	0,5743	3,774	
3,4071	0,6799	4,087			41,7	21,3	62	3,4877	0,7283	4,216	
3,5784	0,8036	4,382				21,8	59	3,3832	0,9888	4,372	
3,1346	0,7734	3,908				22,0	59	3,7969	0,8661	4,663	
3,1657	0,6213	3,787				22,5	58	3,4609	0,7511	4,212	
3,1826	0,6414	3,824				22,6	59	3,4699	0,6371	4,107	
2,9982	0,5318	3,530			41,4	22,4	58	3,5992	0,7728	4,372	
3,1882	0,7278	3,916		1785		20,2	63	3,4268	0,7172	4,144	
3,0898	0,3772	3,467									
3,1601	0,5009	3,661									
2,7824	0,6206	3,403									
3,0105	0,4995	3,510									

Tabelle IVa.

28. VIII. bis 29. VIII.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
Abends									
7—8	1748	39,0	19,1	0,8736	2,3840	3,2576	1,1717	4,4283	Be-
8—9			18,9	0,8582	2,6652	3,5234	0,8969	4,4203	ginn
9—10			18,8	0,8670	2,7881	3,6551	0,8052	4,4603	nach
10—11			18,9	0,8912	2,9542	3,8454	0,7064	4,5518	36 std.
11—12			18,9	0,7945	2,9264	3,7209	0,7770	4,4979	Carnz.
12—1			18,7	0,8752	3,0524	3,9276	0,8932	4,8208	Abds.
1—2									Thier
2—3									blbt.
3—4									i. Ca-
4—5			17,9	0,8731	3,2083	4,0814	0,7649	4,8463	lori-
5—6			18,1	0,8725	3,3810	4,2535	0,5554	4,8089	met.
6—7			18,2	0,8586	3,4391	4,2977	0,7309	5,0286	
7—8	1704	39,0	18,4	0,8177	3,0806	3,8983	0,6313	4,5296	
8—9			18,2	0,9049	2,9264	3,8313	1,0519	4,8832	
9—10			18,4	0,8495	2,9125	3,7620	0,7221	4,4841	
10—11			18,8	0,8701	2,8708	3,7409	0,6393	4,3802	
11—12			19,2	0,8643	3,0524	3,9167	0,6438	4,5605	
12—1			19,5	0,8324	3,0383	3,8707	0,7404	4,6111	
1—2			19,8	0,8625	2,9542	3,8167	0,7502	4,5669	
2—3			20,0	0,8268	2,9125	3,7393	0,5925	4,3318	
3—4			20,2	0,8263	2,8570	3,6833	0,5048	4,1881	
4—5			20,4	0,7657	2,8156	3,5813	0,4771	4,0584	
5—6			20,4	0,7107	2,8432	3,5539	0,4714	4,0253	
6—7	1659	39,0	20,1	0,7526	2,9125	3,6651	0,6900	4,3551	
Summa						79,6211	15,2164	94,8375	
Mittel pro Stde.	1703		19,09			3,7914	0,7246	4,5160	
Mittel pro Kilo u. Stde.						2,2263	0,4254	2,6517	

29. VIII. bis 30. VIII.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
Abends									
7—8									7 h 55
8—9			20,0	0,7500	2,719	3,4690	0,7617	4,2307	Inject.
9—10			20,4	0,9797	3,1941	4,1738	0,7670	4,9408	von
10—11			19,9	1,0497	3,4245	4,4742	0,7842	5,2584	3 ccm
11—12			19,8	0,9982	3,5562	4,5544	0,7172	5,2716	Roth-
12—1			19,4	1,0145	3,6726	4,6871	0,6499	5,3370	lauf-
1—2			19,0	1,0914	3,5709	4,6623	1,4299	6,0922	Bouil-
2—3			18,8	0,9829	3,8734	4,8563	0,6551	5,5114	lon-
3—4			18,5	0,9789	3,858	4,8369	0,6434	5,4803	cultur
4—5			18,0	0,9199	3,7727	4,6926	0,6619	5,3545	sub-
5—6			17,7	0,8414	3,7154	4,5568	1,2132	5,7700	cutan
6—7			17,1	0,733	4,0916	4,8246	0,7123	5,5369	
7—8	1622	40,8							
8—9			17,7	0,8269	3,6004	4,4273	0,7867	5,2140	
9—10			17,6	0,9631	3,1656	4,1287	0,8043	4,9330	
10—11			17,7	1,0591	3,6726	4,7317	0,7792	5,5109	
11—12			18,0	0,9844	3,63	4,6144	0,6165	5,2309	
12—1			18,4	0,9622	3,6442	4,6064	0,8277	5,4341	
1—2			18,7	0,9588	3,5857	4,5445	0,7985	5,3430	
2—3			19,0	0,9482	3,7870	4,7352	0,7983	5,5335	
3—4			19,1	0,9929	3,7154	4,7083	0,8185	5,5268	
4—5			19,2	0,9853	3,784	4,7693	0,6834	5,4527	
5—6	1594	41,7	19,2	1,0186	3,8446	4,8632	0,7604	5,6236	
6—7			19,0	0,9448	3,2656	4,2104	0,9073	5,1177	
Summa						100,1874	17,5766	117,7640	
Mittel pro Stde.	1623		18,76			4,5540	0,7989	5,3529	
Mittel pro Kilo u. Stde.						2,8053	0,4922	3,2975	

Tabelle IVb.

28. VIII. bis 29. VIII.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
7—8		39,0	19,1	58	1,8649	0,6711	2,536	
8—9			18,9	58	2,0215	0,5145	2,536	
9—10			18,8	58	2,1003	0,4627	2,563	
10—11			18,9	59	2,2151	0,4069	2,622	
11—12			18,9	60	2,1477	0,4483	2,596	
12—1			18,7	60	2,2714	0,5166	2,788	
1—2								
2—3								
3—4								
4—5			17,9	59	2,3783	0,4457	2,824	
5—6			18,1	60	2,4846	0,3244	2,809	
6—7			18,2	58	2,5144	0,4276	2,942	
Mittelzahl.	1728		18,61	59	2,2224	0,4686	2,691	
7—8		39,0	18,4	59	2,2843	0,3707	2,655	
8—9			18,2	60	2,2510	0,6180	2,869	
9—10			18,4	62	2,2148	0,4252	2,640	
10—11			18,8	62	2,2087	0,3773	2,586	
11—12			19,2	61	2,3181	0,3809	2,699	
12—1			19,5	60	2,2959	0,4391	2,735	
1—2			19,8	59	2,2708	0,4462	2,717	
2—3			20,0	59	2,2297	0,3533	2,583	
3—4			20,2	60	2,2013	0,3017	2,503	
4—5			20,4	59	2,1462	0,2858	2,432	
5—6			20,4	59	2,1349	0,2831	2,418	
6—7		39,0	20,1	58	2,2066	0,4154	2,622	
Mittelzahl.	1684		19,45	60	2,2247	0,3913	2,616	

29. VIII. bis 30. VIII.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
7—8								Injection
8—9			20,0	59	2,0978	0,4602	2,558	
9—10			20,4	60	2,5268	0,4642	2,991	
10—11			19,9	58	2,7135	0,4755	3,189	
11—12			19,8	58	2,7694	0,4356	3,205	
12—1			19,4	58	2,8525	0,3955	3,248	
1—2			19,0	58	2,8432	0,8718	3,715	
2—3			18,8	58	2,9668	0,4002	3,367	
3—4			18,5	57	2,9603	0,3937	3,354	
4—5			18,0	57	2,8772	0,4058	3,283	
5—6			17,7	57	2,7988	0,7452	3,544	
6—7			17,1	57	2,9687	0,4383	3,407	
Mittelzahl.	1640		18,96	58	2,7613	0,4987	3,260	
7—8		40,8						
8—9			17,7	58	2,7351	0,4859	3,221	
9—10			17,6	57	2,5906	0,4974	3,088	
10—11			17,7	58	2,9312	0,4828	3,414	
11—12			18,0	58	2,8643	0,3827	3,247	
12—1			18,4	58	2,8626	0,5144	3,377	
1—2			18,7	58	2,8298	0,4972	3,327	
2—3			19,0	58	2,9540	0,4980	3,452	
3—4			19,1	58	2,9408	0,5112	3,452	
4—5			19,2	58	2,9844	0,4276	3,412	
5—6		41,7	19,2	58	3,0493	0,4767	3,526	
6—7			19,0	60	2,6451	0,5699	3,215	
Mittelzahl.	1607		18,50	58	2,8532	0,4858	3,339	

Versuch No. IV.

30. VIII. bis 31. VIII. — 31. VIII. bis 1. IX.

Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
		19,0	0,9953	3,7870	4,7823	0,8128	5,5951				18,9	0,9387	4,0185	4,9572	0,5877	5,5449	
		19,3	0,8562	3,8158	4,6720	0,7273	5,3993		1492	40,4	18,6	0,9525	4,165	5,1175	0,7571	5,8476	
		19,7	0,9194	4,0185	4,9379	0,7482	5,6861										
		20,0	0,8072	3,9313	4,7385	0,5865	5,3250										
	41,5	20,1	0,8348	3,9023	4,7371	0,7428	5,4799										
								Thier bleibt im Calorimeter									
		18,6	1,0271	3,8734	4,9005	0,9602	5,8607										
1547	41,0	18,3	1,0129	3,9168	4,9297	0,7100	5,6397	Injection von 2 ccm									
		17,5	0,8968	3,2369	4,1337	0,7207	4,8544	Rothlauf-									
		17,8	0,9974	3,6152	4,6126	0,7843	5,3969	Bouillon-									
		18,4	1,0509	3,8014	4,8523	0,8133	5,6656	Cultur									
		18,7	1,0014	3,6584	4,6598	0,8180	5,4778	subcutan									
1518	40,7	19,0	1,0108	3,7584	4,7692	0,8008	5,5700										
		19,1	1,0318	3,7154	4,7472	0,7844	5,5316										
		19,4	0,9922	3,7297	4,7219	0,5916	5,8135										
		19,4	0,9401	3,6004	4,5405	0,7469	5,2874										
		19,4	0,9228	3,6004	4,5232	0,6802	5,2034										
		19,4	0,9096	3,7727	4,6823	0,7283	5,4106										
					79,9407	12,7563	92,6970										
1545		18,9			4,7025	0,7503	5,4528										
					3,0450	0,4848	3,5293										

Versuch No. IV.

30. VIII. bis 31. VIII. — 31. VIII. bis 1. IX.

Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht in Summa	Bemerkungen	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht in Summa	Bemerkungen
		19,0	61	3,0095	0,5115	3,521				18,9	64	3,3097	0,3923	3,702	
		19,3	60	2,9455	0,4585	3,404		1496	40,4	18,6	62	3,4073	0,5067	3,914	
		19,7	60	3,1207	0,4733	3,594									
		20,0	59	3,0006	0,3714	3,372									
	41,5	20,1	58	3,0057	0,4713	3,477									
		18,6	60	3,1603	0,6187	3,779									
[illegible]577		19,45	60	3,0409	0,4841	3,525		1496		18,8	63	3,3585	0,4495	3,808	
	41,0	18,3	61	3,1827	0,4583	3,641	Injection								
		17,5	60	2,6851	0,4679	3,153									
		17,8	60	3,0051	0,5109	3,516									
		18,4	60	3,1715	0,5315	3,703									
		18,7	61	3,0556	0,5364	3,592									
	40,7	19,0	61	3,1372	0,5268	3,664									
		19,1	62	3,1316	0,5174	3,649									
		19,4	64	3,1210	0,3910	3,512									
		19,4	62	3,0091	0,4949	3,504									
		19,4	62	3,0051	0,4519	3,457									
		19,4	62	3,1198	0,4852	3,605									
[illegible]525		18,76	61	2,9657	0,4883	3,454									

Tabelle Va.

5. IV. bis 6. IV.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
9 - 10	2243	38,8	19,4	0,3882	3,8158	4,2040	1,1510	5,3550	Be-
10—11			19,6	0,4456	3,9603	4,4059	1,0102	5,4161	ginn
11—12			19,8	0,4216	3,9168	4,3384	0,9319	5,2703	nach
12—1			19,9	0,4685	4,1356	4,6041	0,9151	5,5192	24 st.
1—2			20,1	0,4015	4,1208	4,5223	0,9039	5,4262	Ca-
2—3			20,3	0,3921	4,4322	4,8243	0,9444	5,7687	renz
3—4			20,4	0,4485	4,5675	5,0160	1,0160	6,0620	
4—5			20,4	0,4425	4,2387	4,6812	0,9296	5,6108	
5—6			20,3	0,4342	4,0769	4,5111	0,9091	5,4202	
6—7			20,2	0,4502	3,9748	4,4250	0 9178	5,3428	
7—8			20,4	0,4390	3,7297	4,1687	0,8842	5,0529	
8—9			20,4	0,4472	3,7154	4,1626	0,7910	4,9536	
9—10									9 h 40
10—11			20,6	0,3861	3,1372	3,5233	0,9251	4,4484	Urin
11—12			20,8	0,4082	3,0664	3,4746	0,7972	4,2718	ge-
12—1			20,9	0,4005	3,0947	3,4952	0,8103	4,3055	lassen
1—2			21,0	0,3891	3,0524	3,4415	0,6259	4,0674	
2—3			21,0	0,3928	2,8986	3,2914	0,6946	3,9860	
3—4			20,6	0,4158	3,0806	3,4964	0,7193	4,2157	
4—5			20,6	0,4085	3,0947	3,5032	0,7283	4,2315	
5—6			20,5	0,4086	3,0947	3,5033	0,6046	4,1079	
6—7			20,2	0,4507	3,6300	4,0807	0,7193	4,8000	
7—8			20,0	0,4509	3,9023	4,352	0,7076	5,0608	
8—9	2131	39,4							
Summa						90,0264	18,6664	108,6928	
Mittel pro Stde.	2189		20,4			4,0921	0,8484	4,9405	
Mittel pro Kilo u. Stde.						1,8740	0,3875	2,2615	

6. IV. bis 7. IV.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
9 - 10									9 h 30
10—11			20,6	0,3645	3,0941	3,4586	1,5687	5,0273	In- [illegible]
11—12			20,4	0,5329	3,2083	3,7412	1,6408	5,3820	[illegible]
12—1			20,2	0,5083	3,3665	3,8748	1,3547	5,2295	[illegible]
1—2			20,4	0,5036	3,4975	4,0011	0,9536	4,9547	[illegible]
2—3			20,0	0,5715	4,0769	4,6484	0,9486	5,5970	[illegible]
3—4			19,7	0,5506	3,9894	4,5400	0,8665	5,4065	[illegible]
4—5			19,6	0,5133	3,7012	4,2145	0,6892	4,9037	[illegible]
5—6			19,6	0,5260	3,7012	4,2272	0,6368	4,8640	[illegible]
6—7			19,2	0,5267	3,9023	4,4290	0,8596	5,2886	[illegible]
7—8			19,4	0,5373	3,7012	4,2385	0,6688	4,9073	[illegible]
8—9	2071	39,4	19,2	0,5214	3,6442	4,1656	0,7134	4,8790	in die
9—10			19,2	0,3700	3,4537	3,8237	1,5365	5,3602	[illegible]
10—11			19,2	0,6061	3,7870	4,3931	1,8947	6,2878	[illegible]
11—12			20,1	0,5206	3,0947	3,6153	0,8567	4,4720	[illegible]
12—1			19,7	0,5665	3,0383	3,6048	0,8995	4,5043	
1—2			19,4	0,5675	3,0664	3,6339	0,4633	4,0972	
2—3			19,2	0,5781	3,3087	3,8868	0,5207	4,4075	
3—4			19,0	0,5640	3,28	3,8440	0,4502	4,2942	
4—5			19,0	0,5493	3,1230	3,6723	0,5200	4,1923	
5—6			18,6	0,5648	3,3665	3,9313	0,5741	4,5054	
6—7			18,4	0,4783	3,3955	3,8738	0,4525	4,3263	
7—8			18,2	0,4243	3,41	3,8343	0,4072	4,2415	
8—9	2031	40,6	18,3	0,3869	3,63	4,0169	0,5038	4,5207	
Summa						91,6691	19,9799	111,6490	
Mittel pro Stde.	2079		19,41			3,9854	0,8686	4,8540	
Mittel pro Kilo u. Stde.						1,9171	0,4178	2,3349	

Tabelle Vb.

5. IV. bis 6. IV.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht in Summa	Bemerkungen
9—10		38,8	19,4	45	1,8754	0,5136	2,389	
10—11			19,6	45	1,9702	0,4518	2,422	
11—12			19,8	45	1,9443	0,4177	2,362	
12—1			19,9	46	2,0671	0,4109	2,478	
1—2			20,1	46	2,0352	0,4068	2,442	
2—3			20,3	45	2,1761	0,4259	2,602	
3—4			20,4	45	2,2664	0,4726	2,739	
4—5			20,4	43	2,1200	0,4210	2,541	
5—6			20,3	42	2,0465	0,4125	2,459	
6—7			20,2	43	2,0116	0,4174	2,429	
7—8			20,4	44	1,9000	0,4030	2,303	
8—9			20,4	44	1,9008	0,3612	2,262	
Mittelzahl.	2216		20,1	44	2,1158	0,4262	2,542	
9—10								Urin ge-
10—11			20,6	45	1,6166	0,4244	2,041	lassen
11—12			20,8	47	1,5966	0,3664	1,963	
12—1			20,9	48	1,6098	0,3732	1,983	
1—2			21,0	49	1,5891	0,2889	1,878	
2—3			21,0	48	1,5227	0,3213	1,844	
3—4			20,6	47	1,6205	0,3335	1,954	
4—5			20,6	46	1,6266	0,3384	1,965	
5—6			20,5	46	1,6305	0,2815	1,912	
6—7			20,2	46	1,9044	0,3356	2,240	
7—8			20,0	46	2,0361	0,3309	2,367	
8—9		39,4						
Mittelzahl.	2159		20,6	47	1,6756	0,3394	2,015	

6. IV. bis 7. IV.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht in Summa	Bemerkungen
9—10								Injecti[illegible]
10—11			20,6	49	1,6285	0,7385	2,367	
11—12			20,4	48	1,7657	0,7743	2,540	
12—1			20,2	44	1,8332	0,6408	2,474	
1—2			20,4	43	1,8968	0,4522	2,349	
2—3			20,0	43	2,2092	0,4508	2,660	
3—4			19,7	42	2,1632	0,4128	2,576	
4—5			19,6	41	2,0129	0,3291	2,342	
5—6			19,6	41	2,0332	0,3048	2,328	
6—7			19,2	44	2,1255	0,4125	2,538	
7—8			19,4	47	2,0383	0,3217	2,360	
8—9		39,4	19,2	49	2,0081	0,3439	2,352	
Mittelzahl.	2099		19,84	45	1,9730	0,4710	2,444	
9—10			19,2	51	1,8484	0,7426	2,591	
10—11			19,2	50	2,1260	0,9170	3,043	
11—12			20,1	50	1,7527	0,4153	2,168	
12—1			19,7	49	1,7504	0,4366	2,187	
1—2			19,4	47	1,7668	0,2252	1,992	
2—3			19,2	47	1,8934	0,2536	2,147	
3—4			19,0	47	1,8754	0,2196	2,095	
4—5			19,0	47	1,7940	0,2540	2,048	
5—6			18,6	46	1,9231	0,2809	2,204	
6—7			18,4	46	1,8983	0,2217	2,120	
7—8			18,2	47	1,8821	0,1999	2,082	
8—9		40,6	18,3	47	1,9743	0,2477	2,222	
Mittelzahl.	2053		19,02	48	1,8742	0,3678	2,242	

Versuch No. V.

7. IV bis 8. IV.

	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
		19,0	0,5295	4,0623	4,5918	0,9367	5,5285	
		19,1	0,4715	3,9748	4,4463	0,6326	5,0789	
		19,4	0,4822	3,8734	4,3556	0,5528	4,9084	
		19,5	0,4497	3,744	4,1937	0,5403	4,7340	
		19,5	0,4094	4,9492	5,3586	0,5153	5,8739	
		19,6	0,5015	3,7584	4,2599	0,6958	4,9557	
		19,6	0,568	3,9313	4,4993	0,6458	5,1451	
		19,5	0,5242	4,0292	4,7334	0,6028	5,3362	5 h 40 Urin gelassen
		19,4	0,5293	3,8878	4,4171	1,2708	5,6879	
		19,4	0,5157	3,6584	4,1741	0,9525	5,1266	
8	41,4	19,5	0,4654	2,8708	3,3362	0,7246	4,0608	
		19,3	0,5166	2,7606	3,2772	1,0058	4,2830	
		19,3	0,6295	3,0947	3,7242	1,2677	4,9919	
		19,6	0,4035	2,8570	3,2605	0,6903	3,9508	11 h 50 Urin gelassen
								Thier bleibt im Calorimeter
		19,8	0,5776	3,6869	4,2645	0,9893	5,2538	
9	41,3	20,0	0,4541	3,6726	4,1267	1,1599	5,2866	
		19,9	0,5489	3,8302	4,3791	1,0124	5,3915	
					71,3982	14,1954	85,5936	
6		19,49			4,1999	0,8350	5,0349	
					2,1254	0,4226	2,5480	

8. IV. bis 9. IV.

Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
		19,8	0,5490	4,2980	4,8470	0,8832	5,7302	
		19,8	0,4672	4,0185	4,4857	0,6753	5,1610	
		19,6	0,4572	3,8878	4,3450	0,5730	4,9180	
		19,7	0,4682	3,9748	4,4430	0,5868	5,0298	
		19,5	0,4392	3,8878	4,3270	0,5458	4,8728	
		19,5	0,4392	4,0916	4,5408	0,6502	5,1910	
		19,3	0,4615	4,0331	4,4946	0,6328	5,1274	
		19,1	0,4655	4,0769	4,5424	0,6115	5,1539	
1891	40,5	19,1	0,4704	4,1356	4,6060	0,5687	5,1747	6 h Urin gelassen
		19,8	0,4663	3,3232	3,7895	0,9665	4,7560	
		20,2	0,6129	3,3376	3,9505	1,0086	4,9591	
		20,2	0,6197	3,3520	3,9697	0,7701	4,7398	
		20,2	0,6444	2,9822	3,6266	0,6778	4,3044	
		20,6	0,6191	2,9542	3,5733	0,7009	4,2742	
	40,0	20,1	0,5894	2,733	3,3224	0,6136	3,9360	
								Thier bleibt im Calorimeter
1849	38,9		0,4982	3,5857	4,0839	0,6365	4,7204	
					66,9474	11,1013	78,0487	
1887		19,85			4,1842	0,6938	4,8780	
					2,2173	0,3677	2,5850	

Versuch No. V.

7. IV. bis 8. IV.

	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
		19,0	47	2,2649	0,4621	2,727	
		19,1	46	2,1965	0,3125	2,509	
		19,4	46	2,1563	0,2737	2,430	
		19,5	46	2,0800	0,2680	2,348	
		19,5	46	2,6629	0,2561	2,919	
		19,6	46	2,1207	0,3463	2,467	
		19,6	46	2,2439	0,3221	2,566	
		19,5	46	2,3658	0,3012	2,667	Urin gelassen
		19,4	47	2,2116	0,6364	2,848	
		19,4	46	2,0933	0,4777	2,571	
	41,4.	19,5	45	1,6719	0,3691	2,041	
		19,4	46	2,1881	0,3659	2,554	
		19,3	45	1,6513	0,5067	2,158	
		19,3	44	1,8808	0,6402	2,521	
		19,6	45	1,6513	0,3497	2,001	Urin gelassen
		19,8	47	2,2037	0,5113	2,715	
	41,3	20.0	47	2,1397	0,6013	2,741	
		19,9	47	2,2751	0,5259	2,801	
		19,65	46	1,9665	0,5225	2,489	

8. IV. bis 9. IV.

Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
		19,8	46	2,5215	0,4595	2,981	
		19,8	45	2,3389	0,3521	2,691	
		19,6	45	2,2688	0,2992	2,568	
		19,7	45	2,3249	0,3071	2,632	
		19,5	44	2,2688	0,2862	2,555	
		19,5	43	2,3801	0,3459	2,726	
		19,3	42	2,3659	0,3331	2,699	
		19,1	42	2,3946	0,3224	2,717	
	40,5	19,1	43	2,4336	0,3004	2,734	Urin gelassen
		19,8	45	2,0054	0,5116	2,517	
		20,2	46	2,0959	0,5351	2,631	
	40,0	20,2	45	2,1088	0,4092	2,518	
1902		19,6	44	2,2922	0,3718	2,664	
		20,2	44	1,9311	0,3609	2,292	
		20,6	44	1,9070	0,3740	2,281	
	40,0	20,1	45	1,7769	0,3281	2,105	
	38,9	20,1	45	2,2062	0,3438	2,550	
1865		20,5	45	1,9558	0,3517	2,307	

Tabelle VIa.

9. IV. bis 10. IV. / 10. IV. bis 11. IV.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
7^{30}—8^{30}	1709	38,3	17,7	0,4139	3,8580	4,2719	1,5103	5,7822	Be-									7 h [illegible]
8^{30}—9^{30}			17,8	0,2912	3,6300	3,9212	0,8127	4,7339	ginn			20,3	0,3813	2,6788	3,0601	0,8155	3,8756	In-
9^{30}—10^{30}			19,0	0,3306	2,9403	3,2709	0,8780	4,1489	nach			20,4	0,4565	2,4370	2,8935	0,6652	3,5587	jectio[illegible]
10^{30}—11^{30}			19,3	0,3282	3,1941	3,5223	0,7885	4,3108	45 st.			20,5	0,5053	2,8708	3,3761	0,8448	4,2209	von
11^{30}—12^{30}			19,5	0,3242	3,3760	3,7002	0,7117	4,4119	Ca-			20,5	0,5016	2,8018	3,3034	0,8645	4,1679	2 ccm
12^{30}—1^{30}			19,6	0,4659	3,4391	3,9050	1,0662	4,9712	renz			20,5	0,5059	2,8570	3,3629	0,8290	4,1919	Roth-
1^{30}—2^{30}			19,7	0,4031	3,0242	3,4273	0,6544	4,0817				20,4	0,5141	2,9403	3,4544	0,7506	4,2050	lauf-
2^{30}—3^{30}			19,7	0,4319	3,3955	3,8274	1,1174	4,9448				20,4	0,5185	2,8432	3,3617	0,7522	4,1139	Bacil-
3^{30}—4^{30}			19,7	0,3529	2,9542	3,3071	0,6418	3,9489				20,2	0,5356	2,7881	3,3237	0,6326	3,9563	len-
4^{30}—5^{30}			19,6	0,4363	3,4245	3,8608	1,0597	4,9205				20,1	0,5318	2,7744	3,3062	0,6195	3,9257	Cultur
5^{30}—6^{30}			19,5	0,4301	3,3955	3,8256	0,8379	4,6635				20,1	0,5757	3,2513	3,8270	0,6690	4,4960	in d.
6^{30}—7^{30}			19,4	0,3821	3,0447	3,4768	0,5747	4,0515		1605	40,1	20,0	0,5404	3,2653	3,8060	0,5837	4,3897	Ohrv[illegible]
7^{30}—8^{30}			19,5	0,4311	3,3232	3,7543	0,6912	4,4455										8 h
8^{30}—9^{30}			19,3	0,4427	2,9403	3,3830	0,5825	3,9655				20,1	0,5095	3,2226	3,7321	0,5783	4,3104	Inj[illegible]
9^{30}—10^{30}			19,3	0,4064	2,9264	3,3328	0,5308	3,8636				20,1	0,4623	3,0102	3,4725	0,5793	4,0518	v. 1 cc[illegible]
10^{30}—11^{30}			19,4	0,4331	3,0947	3,5278	0,6490	4,1768				20,0	0,4387	2,7190	3,1577	0,4845	3,6422	Roth[illegible]
11^{30}—12^{30}			19,4	0,4372	3,0806	3,5178	0,5837	4,1015				19,8	0,4741	3,0383	3,5124	0,5725	4,0849	Bacill
12^{30}—1^{30}			19,3	0,4503	3,0664	3,5167	0,5223	4,0390				19,8	0,5531	3,1088	3,6619	0,5965	4,2584	Cultu[illegible]
1^{30}—2^{30}			19,3	0,5216	3,4245	3,9461	0,7943	4,7404				19,8	0,4878	2,5975	3,0853	0,4403	3,5256	in d.
2^{30}—3^{30}			19,3	0,4790	3,0242	3,5032	0,4917	3,9949				19,7	0,4819	2,6381	3,1200	0,4610	3,5810	Ohr-
3^{30}—4^{30}			19,1	0,5177	3,3232	3,8409	0,6098	4,4507				19,6	0,5135	2,6788	3,1923	0,4029	3,5952	vene
4^{30}—5^{30}			19,1	0,4713	3,1514	3,6227	0,4249	4,0476				19,6	0,5758	2,7744	3,3502	0,4698	3,8200	
5^{30}—6^{30}			19,1	0,4314	2,9962	3,4276	0,5480	3,9756				19,6	0,5438	3,2226	3,7664	0,5409	4,3073	
6^{30}—7^{30}	1637	38,6	19,5	0,3849	3,0383	3,4232	0,4958	3,9190		1575	41,0	19,7	0,5177	3 3087	3,8264	0,5466	4,3730	
Summa						87,1126	17,5773	104,6899							74,9512	13,6992	88,6514	
Mittel pro Stde.	1673		19,25			3,6296	0,7324	4.3620		1605		20,05			3,4069	0,6227	4,0296	
Mittel pro Kilo u. Stde.						2,1696	0,4377	2,6073							2,1227	0,3879	2,5106	

Tabelle VIb.

9. IV. bis 10. IV. / 10. IV. bis 11. IV.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
7^{30}—8^{30}		38,3	17,7	42	2,5008	0,8842	3,385									Injection
8^{30}—9^{30}			17,8	40	2,2994	0,4766	2,776				20,3	43	1,8737	0,4993	2,373	
9^{30}—10^{30}			19,0	41	1,9222	0,5158	2,438				20,4	43	1,7749	0,4081	2,183	
10^{30}—11^{30}			19,3	41	2,0729	0,4641	2,537				20,5	43	2,0741	0,5189	2,593	
11^{30}—12^{30}			19,5	41	2,1814	0,4196	2,601				20,5	43	2,0330	0,5320	2,565	
12^{30}—1^{30}			19,6	41	2,3063	0,6297	2,936				20,5	42	2,0729	0,5111	2,584	
1^{30}—2^{30}			19,7	41	2,0278	0,3872	2,415				20,4	42	2,1327	0,4633	2,596	
2^{30}—3^{30}			19,7	41	2,2687	0,6623	2,931				20,4	41	2,0788	0,4652	2,544	
3^{30}—4^{30}			19,7	41	1,9639	0,3811	2,345				20,2	41	2,0591	0,3919	2,451	
4^{30}—5^{30}			19,6	40	2,2966	0,6304	2,927				20,1	41	2,0507	0,3843	2,435	
5^{30}—6^{30}			19,5	40	2,2797	0,4993	2,779				20,1	41	2,3783	0,4157	2,794	
6^{30}—7^{30}			19,4	40	2,0759	0,3431	2,419			40,1	20,0	41	2,3696	0,3634	2,733	Inject[illegible]
Mittelzahl.	1692		19,2	41	2,1826	0,5244	2,707		1620		20,3	42	2,0799	0,4521	2,532	
7^{30}—8^{30}			19,5	41	2,2456	0,4134	2,659									
8^{30}—9^{30}			19,3	41	2,0270	0,3490	2,376				20,1	42	2,3308	0,3612	2,692	
9^{30}—10^{30}			19,3	41	2,0004	0,3186	2,319				20,1	41	2,1717	0,3623	2,534	
10^{30}—11^{30}			19,4	41	2,1218	0,3902	2,512				20,0	42	1,9784	0,3036	2,282	
11^{30}—12^{30}			19,4	41	2,1194	0,3516	2,471				19,8	41	2,2029	0,3591	2,562	
12^{30}—1^{30}			19,3	41	2,1228	0,3152	2,438				19,8	41	2,3021	0,3749	2,677	
1^{30}—2^{30}			19,3	41	2,3858	0,4802	2,866				19,8	42	1,9419	0,2771	2,219	
2^{30}—3^{30}			19,3	41	2,1212	0,2978	2,419				19,7	42	1,9674	0,2906	2,258	
3^{30}—4^{30}			19,1	42	2,3310	0,3700	2,701				19,6	42	2,0157	0,2543	2,270	
4^{30}—5^{30}			19,1	42	2,2027	0,2583	2,461				19,6	42	2,1189	0,2971	2,416	
5^{30}—6^{30}			19,1	41	2,0873	0,3337	2,421				19,6	42	2,3855	0,3425	2,728	
6^{30}—7^{30}		38,6	19,5	42	2,0891	0,3029	2,392			41,0	19,7	42	2,4282	0,3468	2,775	
Mittelzahl.	1655		19,3	41	2,1546	0,3184	2,503		1589		19,8	42	2,1676	0,3244	2,492	

Versuch No. VI.

11. IV. bis 12. IV.

Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
		19,8	0,5066	3,1372	3,6438	0,8026	4,4464	
		19,9	0,5154	3,1798	3,6952	0,6085	4,3037	
		20,0	0,4818	3,0947	3,5765	0,5220	4,0985	
		20,0	0,4254	3,2513	3,6767	0,5580	4,2347	
	41,6	20,0	0,5108	3,3665	3,8773	0,5926	4,4699	
		20,0	0,5391	3,3087	3,8478	1,1916	5,0394	
		20,0	0,5427	3,0806	3,6233	0,7834	4,4067	
		20,1	0,4860	3,0102	3,4962	0,7834	4,2796	
		20 1	0,4947	3,0806	3,5753	0,8265	4,4018	
		19,9	0,4538	2,9822	3,4360	0,8049	4,2409	
		19,8	0,4307	2,9125	3,3432	0,7042	4,0474	
		19,7	0,4934	2,9962	3,4896	0,7267	4,2163	
	40,6	19,7	0,4458	2,9125	3,3583	0,8389	4,1972	
		19,7	0,5170	3,2944	3,8114	0,7634	4,5748	
		19,5	0,5304	3,2083	3,7387	0,6196	4,3583	
		19,4	0,5522	3,1798	3,7320	0,6248	4,3568	
21	40,3	19,4	0,4915	3,2944	3,7859	0,5707	4,3566	
								Thier bleibt im Calorimeter
13	40,6							
		19,2	0,6309	2,5303	3,1612	0,9017	4,0629	
		19,7	0,4915	2,8156	3,3071	0,6762	3,9833	
					68,1755	13,8997	82,0752	
38		19,78			3,5882	0,7315	4,3197	
					2,3330	0,4756	2,8086	

12. IV. bis 13. IV.

Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
		19,8	0,5266	2,9264	3,4530	0,7346	4,1876	
		19,8	0,5409	2,9822	3,5231	0,7478	4,2709	
	40,3	19,8	0,4513	3,0102	3,4615	0,6960	4,1575	10 h Urin gelassen
		19,7	0,5092	2,7606	3,2698	0,9214	4,1912	
		19,7	0,4837	3,0242	3,5079	0,8996	4,4075	
		19,8	0,5111	3,0806	3,5917	0,8766	4,4683	
	40,3	19,7	0,4690	3,1656	3,6346	0,7271	4,3617	1 h 50 Urin gelassen
		19,6	0,5151	3,0524	3,5675	0,9605	4,5280	
		19,3	0 5870	3,1941	3,7811	0,8390	4,6201	
1460	40,0	19,2	0,6142	3,1798	3,7940	1,1416	4,9356	
					35,5842	8,5442	44,1284	
1483		19,64			3,5584	0,8544	4,4128	
					2,3995	0,5761	2,9756	

Versuch No. VI.

11. IV. bis 12. IV.

d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
		19,8	42	2,3208	0,5112	2,832	
		19,9	42	2,3577	0,3883	2,746	
		20,0	42	2,2873	0,3337	2,621	
		20,0	42	2,3555	0,3575	2,713	
	41,6	20,0	42	2,4887	0,3803	2,869	
		20,0	42	2,4747	0,7663	3,241	
		20,0	41	2,3343	0,5047	2,839	
		20,1	41	2,2573	0,5057	2,763	
		20,1	40	2,3124	0,5346	2,847	
		19,9	40	2,2264	0,5216	2,748	
		19,8	41	2,1707	0,4573	2,628	
[illegible]		19,9	41	2,3258	0,4782	2,804	
		19,7	41	2,2718	0,4732	2,745	
	40,6	19,7	41	2,1908	0,5472	2,738	
		19,7	41	2,4911	0,4989	2,990	
		19,5	41	2,4483	0,4057	2,854	
		19,4	41	2,4411	0,4099	2,859	
	40,3	19,4	41	2,4888	0,3752	2,864	
	40,6						
		19,2	43	2,0923	0,5967	2,689	
		19,7	43	2,1943	0,4487	2,643	
[illegible]		19,3	41	2,3286	0,4694	2,798	

12. IV. bis 13. IV.

Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
		19,8	43	2,2973	0,4887	2,786	
		19,8	43	2,3501	0,4989	2,849	
	40,3	19,8	42	2,3155	0,4655	2,781	Urin gelassen
		19,7	42	2,1935	0,6175	2,811	
		19,7	41	2,3591	0,6049	2,964	
		19,8	41	2,4235	0,5915	3,015	
	40,3	19,7	41	2,4591	0,4919	2,951	Urin gelassen
		19,6	40	2,4204	0,6516	3,072	
		19,3	40	2,5787	0,5723	3,151	
	40,0	19,2	40	2,5952	0,7808	3,376	
1483		19,6	41	2,3987	0,5763	2,975	

Tabelle VIIa.

13. IV. bis 14. IV.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
9^{40}—10^{40}	2383	38,6	16,3	0,5388	3,6869	4,2257	0,8249	5,0506	Be-
10^{40}—11^{40}			16,5	0,5494	3,7154	4,2648	0,6905	4,9553	ginn
11^{40}—12^{40}			16,9	0,5400	3,2513	3,7913	0,6006	4,3919	nach
12^{40}—1^{40}			17,0	0,5355	3,4829	4,0184	0,6552	4,6736	36st.
1^{40}—2^{40}			17,1	0,5088	3,7012	4,2100	0,6896	4,8996	Ca-
2^{40}—3^{40}			17,2	0,5676	3,6152	4,1828	0,6938	4,8766	renz
3^{40}—4^{40}			17,3	0,5322	3,7626	4,2948	0,7888	5,0836	
4^{40}—5^{40}			17,3	0,5479	3,9313	4,4792	0,8381	5,3173	
5^{40}—6^{40}			17,3	0,5655	4,0331	4,5986	0,8381	5,4367	
6^{40}—7^{40}			17,2	0,4489	4,0916	4,5405	0,7055	5,2460	
7^{40}—8^{40}			17,2	0,5827	4,2092	4,7919	0,7606	5,5525	
8^{40}—9^{40}			17,1	0,5538	4,4322	4,9860	0,7641	5,7501	
9^{40}—10^{40}			17,1	0,5325	4,1944	4,7269	0,6263	5,3532	
10^{40}—11^{40}			17,1	0,4982	3,8580	4,3562	0,6263	4,9825	
11^{40}—12^{40}			17,0	0,6111	4,3873	4,9984	0,8588	5,8572	
12^{40}—1^{40}			17,0	0,5588	3,8580	4,4168	0,5935	5,0103	
1^{40}—2^{40}			17,0	0,5053	3,6584	4,1637	0,6879	4,8516	
2^{40}—3^{40}			17,1	0,5499	3,8878	4,4377	0,8161	5,2538	
3^{40}—4^{40}			17,1	0,5321	3,7870	4,3191	0,6466	4,9657	
4^{40}—5^{40}			17,0	0,5633	3,9603	4,5236	0,6416	5,1652	
5^{40}—6^{40}			17,0	0,6260	3,9603	4,5863	0,8225	5,4088	
6^{40}—7^{40}			17,1	0,6369	3,9894	4,6263	0,8417	5,4680	
7^{40}—8^{40}			17,1	0,6262	4,0185	4,6447	0,8320	5,4767	
8^{40}—9^{40}	2271	38,6	17,2	0,5830	3,8158	4,3988	0,7657	5,1645	
Summa						106,5825	17,6088	124,1913	
Mittel pro Stde.	2327		17,02			4,4409	0,7337	5,1746	
Mittel pro Kilo u. Stde.						1,9084	0,3153	2,2237	

14. IV. bis 15. IV.

Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an die Ventil.-Luft	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung: an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
9^{40}—10^{40}			-						10 h [illegible]
10^{40}—11^{40}			17,5	0,5350	3,1941	3,7291	0,9249	4,6540	[illegible]
11^{40}—12^{40}			17,4	0,4865	3,0664	3,5529	0,7621	4,31[illegible]	[illegible]
12^{40}—1^{40}			17,4	0,5027	3,1656	3,6683	0,6046	4,27[illegible]	[illegible]
1^{40}—2^{40}			17,6	0,4740	3,1656	3,6396	0,6629	4,3[illegible]	[illegible]
2^{40}—3^{40}		40,0	17,4	0,5089	4,2683	4,7772	0,6839	5,4611	[illegible]
3^{40}—4^{40}			17,3	0,5744	4,0331	4,6075	1,2404	5,847[illegible]	[illegible]
4^{40}—5^{40}			17,3	0,6327	4,3426	4,9753	1,2962	6,271[illegible]	[illegible]
5^{40}—6^{40}			17,3	0,7105	3,9603	4,6708	0,9383	5,6[illegible]	[illegible]
6^{40}—7^{40}			17,3	0,5686	4,1062	4,6748	0,8573	5,5[illegible]	[illegible]
7^{40}—8^{40}	2240	39,1	17,3	0,6218	4,4023	5,0241	0,8317	5,8[illegible]	[illegible]
8^{40}—9^{40}			17,7	0,4780	3,6726	4,1506	0,6304	4,781[illegible]	[illegible]
9^{40}—10^{40}			17,8	0,6658	4,1797	4,8455	0,7802	5,62[illegible]	gela[illegible]
10^{40}—11^{40}			17,9	0,6003	3,4829	4,0832	0,5586	4,641[illegible]	
11^{40}—12^{40}			17,9	0,5650	3,1941	3,7591	0,5593	4,31[illegible]	
12^{40}—1^{40}		39,4	18,0	0,5513	3,4829	4,0342	0,5300	4,5642	1 h
1^{40}—2^{40}			18,1	0,5407	2,9403	3,4810	1,0197	4,50[illegible]	Ur[illegible]
2^{40}—3^{40}			18,2	0,5259	2,9264	3,4523	1,2292	4,681[illegible]	gela[illegible]
3^{40}—4^{40}			18,1	0,6864	4,0039	4,6903	0,8826	5,57[illegible]	
4^{40}—5^{40}			18,0	0,6733	3,6442	4,3175	0,8277	5,145[illegible]	
5^{40}—6^{40}			17,9	0,7050	3,8734	4,5784	0,8335	5,4119	
6^{40}—7^{40}			17,9	0,6950	4,1650	4,8600	0,8012	5,6612	
7^{40}—8^{40}			17,9	0,6782	4,4471	5,1253	1,0644	6,1897	
8^{40}—9^{40}			17,8	0,7183	4,5977	5,3160	1,2441	6,5601	
Summa						100,013	19,7632	119,7762	
Mittel pro Stde.	2228		17,65			4,3484	0,8592	5,2076	
Mittel pro Kilo u. Stde.						1,9517	0,3856	2,3373	

Tabelle VIIb.

13. IV. bis 14. IV.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen
9^{40}—10^{40}		38,6	16,3	42	1,7746	0,3464	2,121	
10^{40}—11^{40}			16,5	42	1,7964	0,2906	2,087	
11^{40}—12^{40}			16,9	43	1,5997	0,2533	1,853	
12^{40}—1^{40}			17,0	43	1,6983	0,2767	1,975	
1^{40}—2^{40}			17,1	43	1,7821	0,2919	2,074	
2^{40}—3^{40}			17,2	42	1,7737	0,2943	2,068	
3^{40}—4^{40}			17,3	42	1,8258	0,3352	2,161	
4^{40}—5^{40}			17,3	42	1,9071	0,3569	2,264	
5^{40}—6^{40}			17,3	42	1,9623	0,3577	2,320	
6^{40}—7^{40}			17,2	42	1,9414	0,3016	2,243	
7^{40}—8^{40}			17,2	42	2,0532	0,3258	2,379	
8^{40}—9^{40}			17,1	42	2,1410	0,3280	2,469	
Mittelzahl.	2355		17,03	42	1,8548	0,3132	2,168	
9^{40}—10^{40}			17,1	42	2,0327	0,2693	2,302	
10^{40}—11^{40}			17,1	42	1,8781	0,2699	2,148	
11^{40}—12^{40}			17,0	42	2,1591	0,3709	2,530	
12^{40}—1^{40}			17,0	42	1,9112	0,2568	2,168	
1^{40}—2^{40}			17,0	41	1,8057	0,2983	2,104	
2^{40}—3^{40}			17,1	42	1,9284	0,3546	2,283	
3^{40}—4^{40}			17,1	42	1,8806	0,2814	2,162	
4^{40}—5^{40}			17,0	42	1,9741	0,2799	2,254	
5^{40}—6^{40}			17,0	42	2,0054	0,3596	2,365	
6^{40}—7^{40}			17,1	43	2,0264	0,3686	2,395	
7^{40}—8^{40}			17,1	43	2,0388	0,3652	2,404	
8^{40}—9^{40}		38,6	17,2	43	1,9352	0,3368	2,272	
Mittelzahl.	2299		17,06	42	1,9644	0,3176	2,282	

14. IV. bis 15. IV.

Stunde	Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: durch Wasserverdunstung	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht: in Summa	Bemerkungen
9^{40}—10^{40}								Injectio[illegible]
10^{40}—11^{40}			17,5	44	1,6451	0,4079	2,053	
11^{40}—12^{40}			17,4	44	1,5694	0,3366	1,906	
12^{40}—1^{40}			17,4	45	1,6218	0,2672	1,889	
1^{40}—2^{40}			17,6	45	1,6116	0,2934	1,905	
2^{40}—3^{40}		40,0	17,4	45	2,1179	0,3031	2,421	Urin gel[illegible]
3^{40}—4^{40}			17,3	46	2,0437	0,5503	2,594	
4^{40}—5^{40}			17,3	46	2,2102	0,5758	2,786	
5^{40}—6^{40}			17,3	46	2,0776	0,4174	2,495	
6^{40}—7^{40}			17,3	46	2,0822	0,3818	2,464	
7^{40}—8^{40}		39,1	17,3	46	2,2402	0,3708	2,611	
8^{40}—9^{40}			17,7	46	1,8526	0,2814	2,134	
Mittelzahl.	2253		17,40	45	1,9155	0,3805	2,296	
9^{40}—10^{40}			17,8	47	2,1671	0,3489	2,516	
10^{40}—11^{40}			17,9	47	1,8306	0,2504	2,081	
11^{40}—12^{40}			17,9	48	1,6879	0,2511	1,939	
12^{40}—1^{40}		39,4	18,0	48	1,8146	0,2384	2,053	Urin gel[illegible]
1^{40}—2^{40}			18,1	48	1,5685	0,4595	2,028	
2^{40}—3^{40}			18,2	49	1,5588	0,5552	2,114	
3^{40}—4^{40}			18,1	49	2,1227	0,3993	2,522	
4^{40}—5^{40}			18,0	48	1,9568	0,3752	2,332	
5^{40}—6^{40}			17,9	48	2,0803	0,3787	2,459	
6^{40}—7^{40}			17,9	48	2,2133	0,3647	2,578	
7^{40}—8^{40}			17,9	48	2,3366	0,4854	2,822	
8^{40}—9^{40}			17,8	48	2,0084	0,5686	2,577	
Mittelzahl.	2212		17 95	48	1,9457	0,3896	2,335	

Versuch No. VII.

15. IV. bis 16. IV.

Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
40,7	18,0	0,6859	4,6887	5,3746	0,9698	6,3444	10 h 40
	18,7	0,6048	5,3514	5,9562	1,7044	7,6606	Injection
	18,7	0,7246	4,4771	5,2117	1,1506	6,3523	von 2 ccm
	18,4	0,6723	3,8734	4,5457	0,9499	5,4956	Rothlauf-
	18,4	0,6011	3,6869	4,2880	1,0614	5,3494	Bouillon-
	18,2	0,6070	3,9894	4,5964	1,1343	5,7307	Cultur sub-
41,2	17,9	0,5356	3,5415	4,0771	0,8566	4,9337	cutan
	17,9	0,6895	4,1503	4,8398	0,8756	5,7154	3h 50 Urin
41,1	17,9	0,6971	4,8722	5,5693	0,9259	6,4952	gelassen
	18,0	0,6302	4,0039	4,6341	0,7054	5,3395	7 h Urin
	18,0	0,6479	4,2387	4,8866	0,9508	5,8374	gelassen
	18,1	0,6397	4,3873	5,0270	0,8500	5,8770	
	18,0	0,5990	3,8878	4,4868	0,9480	5,4348	9h 50 Urin
	18,1	0,6532	4,5072	5,1604	1,0335	6,1939	gelassen
41,2	18,0	0,5027	4,5222	5,0249	0,9761	6,0010	
	17,9	0,7333	4,2980	5,0313	0,9790	6,0103	
41,0	17,9	0,6591	4,6583	5,3174	0,6870	6,0044	2 h 20 Urin gelassen
	17,9	0,7148	4,3426	5,0574	0,8032	5,8606	
	17,8	0,6670	3,9458	4,6128	0,6908	5,3036	
41,1	17,8	0,6790	4,2535	4,9325	0,8590	5,7915	6 h 10 Urin
	17,7	0,6672	4,2387	4,9059	0,9032	5,8091	gelassen
	17,7	0,6630	4,7039	4,3669	0,8726	6,2395	
40,7	17,2	0,6143	4,4471	5,0614	0,7770	5,8384	Inject. von
				113,9542	21,6641	135,6183	35ccm Rothlauf-Bouil.-
	18,0			4,9545	0,9419	5,8964	Cult. subc.
				2,3121	0,4403	2,7524	

16. IV. bis 17. IV.

Gewicht des Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe durch Strahlung u. Leitung an die Ventil.-Luft	an das Calorimeter	Gesammtwärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
		16,9	0,4307	3,4683	3,8990	0,6820	4,5810	
		16,8	0,5398	3,7870	4,3268	0,6812	5,0080	
								12 h Urin gelassen
		16,8	0,4819	4,1356	4,6175	0,7635	5,3810	
		16,6	0,5472	4,3129	4,8601	0,7460	5,6061	
		16,6	0,5351	4,3129	4,8480	0,7006	5,5486	
	40,3	16,6	0,5576	4,3426	4,9002	0,7444	5,6446	4 h 40
		16,7	0,4046	4,0039	4,4085	0,6050	5,0135	Urin ge-
		16,7	0,4172	4,3426	4,7598	0,6655	5,4253	lassen
		16,6	0,3708	4,4023	4,7731	0,5938	5,3669	
		16,6	0,5705	4,6735	5,2440	0,6760	5,9200	
		16,6	0,5845	4,4621	5,0466	0,6799	5,7265	
2051	39,6	16,5	0,5983	4,3575	4,9558	0,7373	5,6931	
					56,6394	8,2752	64,9146	
2072		16,66			4,7199	0,6896	5,4095	
					2,2779	0,3328	2,6107	

Versuch No. VII.

15. IV. bis 16. IV.

Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
40,7	18,0	48	2,4610	0,4440	2,905	Injection
	18,7	48	2,7322	0,7818	3,514	
	18,7	47	2,3920	0,5290	2,921	
	18,4	46	2,0953	0,4377	2,533	
	18,4	47	1,9800	0,4900	2,470	
	18,2	46	2,1271	0,5249	2,652	
41,2	17,9	45	1,8897	0,3973	2,287	Urin gelassen
	17,9	46	2,2492	0,4068	2,656	
41,1	17,9	46	2,5938	0,4312	3,025	
	18,0	46	2,1619	0,3291	2,491	Urin gelassen
	18,0	47	2,2838	0,4442	2,728	
	18,1	47	2,3531	0,3979	2,751	
	18,2	47	2,2762	0,4678	2,744	
	18,0	47	2,1044	0,4446	2,549	Urin gelassen
	18,1	47	2,4249	0,4841	2,909	
41,2	18,0	48	2,3647	0,4593	2,824	Urin gelassen
	17,9	48	2,3715	0,4615	2,833	
41,0	17,9	48	2,5107	0,3248	2,835	Urin gelassen
	17,9	48	2,3964	0,3806	2,777	
	17,8	48	2,1897	0,3273	2,517	
41,1	17,8	48	2,3455	0,4085	2,754	Urin gelassen
41,1	17,7	48	2,3359	0,4301	2,766	
	17,7	48	2,5589	0,4161	2,975	
	17,2	47	2,4178	0,3712	2,789	Injection
	17,81	48	2,3073	0,4677	2,775	

16. IV. bis 17. IV.

Mittl. Gewicht d. Kaninchens	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Feuchtigkeitsgehalt der Luft in %	Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht durch Strahlung und Leitung	durch Wasserverdunstung	in Summa	Bemerkungen
		16,9	46	1,8697	0,3263	2,192	
		16,8	45	2,0736	0,3264	2,400	
							Urin gelassen
		16,8	44	2,2191	0,3669	2,586	
		16,6	43	2,3391	0,3589	2,698	
		16,6	43	2,3364	0,3376	2,674	
	40,3	16,6	43	2,3657	0,3593	2,725	Urin gelassen
		16,7	44	2,1315	0,2925	2,424	
		16,7	44	2,3058	0,3222	2,628	
		16,6	45	2,3151	0,2879	2,603	
		16,6	45	2,5467	0,3283	2,875	
		16,6	44	2,4543	0,3307	2,785	
2071		16,6	44	2,3084	0,3306	2,639	
	39,6	16,5	44	2,4139	0,3591	2,773	
2053		16,5	44	2,4139	0,3591	2,773	

erwiesen, als von May[1]) umfangreiche Stoffwechselversuche am normalen und fiebernden Kaninchen veröffentlicht wurden, die geeignet sind, zum Vergleich mit meinen Versuchen herangezogen zu werden. Es kommt hinzu, dass von May und mir als fiebererzeugendes Mittel Rothlaufbouilloncultur gewählt wurde, und dass wir beide im Anschluss an die Mittheilungen von Emmerich und Mastbaum[2]) sehr befriedigende Resultate nach manchen vergeblichen Versuchen mit anderen Mitteln erzielten. Ich wandte eine abgeschwächte Rothlauf-Bouilloncultur, von der ich in die Ohrvene, in die Vena jugul. oder unter die Haut injicirte. Die Wirkungsweise ist aus den vorstehenden Tabellen II—VII zu ersehen.

Die Temperaturmessungen der Kaninchen wurden mit einem stumpfwinkelig gebogenen Thermometer ausgeführt, und dabei alle Cautelen beobachtet, die in letzter Zeit genügend besprochen worden sind. Das Thermometer wurde stets 7 cm in den After eingeführt. Die Injectionsstelle wurde mit 96% Alkohol desinficirt, um den Feuchtigkeitsgehalt der Haut nicht durch andere Desinfectionsmittel zu verändern. Die Kaninchen sassen während der vorbereitenden Hungerzeit auf einem Drahtnetz und wurden einem gleichmässigen Luftstrom, wie im Calorimeter ausgesetzt.

Vor jeder Wägung der Kaninchen wurde der Urin abgepresst. Die Wägungen der Thiere und die Messungen ihrer Körpertemperatur wurden möglichst selten vorgenommen, um die Beobachtung möglichst gleichmässig zu gestalten. Spontane Urinentleerungen in das Calorimeter kamen nur während der Fieberzeit vor; dieselben zeigten sich direct durch das Ansteigen des betreffenden Hygrometers an. Mit der sofortigen sorgfältigen Reinigung des Calorimeters wurde alsdann auch meistens eine Temperaturmessung, häufig auch eine Wägung vorgenommen. Es wurden zunächst 7 Kaninchen, die 24 bis 36 Stunden gehungert hatten[3]),

1) May, Der Stoffwechsel im Fieber. Habilitationsschrift München 1893 und Zeitschr. f. Biol. Bd. 30 S. 1.

2) Emmerich u. Mastbaum, Die Ursache der Immunität, der Heilung von Infectionskrankheiten, speciell des Rothlaufs der Schweine, und ein neues Schutzimpfungsverfahren gegen die Krankheit. Arch. f. Hygiene Bd. 12 S. 572.

3) Nur in Versuch IV blieb das Thier während der Nacht fünf Stunden lang unbeobachtet, ohne jedoch aus dem Calorimeter herausgenommen zu werden.

24 Stunden hindurch im fieberfreien Zustand beobachtet. Nach dieser Beobachtungszeit (Normalversuch) wurde bei 6 von diesen Kaninchen durch Injection von Rothlauf-Bouilloncultur Fieber erzeugt und die Beobachtung möglichst vollständig fortgesetzt. So liegt ein ausführliches Material vor, um einen Vergleich der Wärmeabgabe bei demselben Thiere an den Normaltagen und Fiebertagen anzustellen. Alle Einzelheiten der Versuche sind in die Tabellen Ia bis VIIa eingetragen.

Die Tabellen Ib — VIIb enthalten sämmtliche Werthe auf 1 kg Thier berechnet; diese letzteren Tabellen sind natürlich wegen der grossen Gewichtsabnahme, welche die Thiere während der Carenz erleiden, von grösster Bedeutung. Zur Berechnung dieser Werthe wurde das Gewicht herangezogen, wie es durch Interpolation für die Mitte jeder einzelnen Stunde gefunden wurde. Die Versuche I—IV wurden in dem hygienischen Institut, die Versuche V—VII in der medizinischen Klinik ausgeführt, nachdem ich mich durch zahlreiche Vorversuche mit der Methode vertraut gemacht hatte. Schon die Resultate dieser Vorversuche liessen mich ausnahmslos in den ersten Stunden gewisse Eigenthümlichkeiten zwischen der Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung und der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung erkennen, so dass ich von der Zweckmässigkeit der Versuche überzeugt sein konnte.

Die Calorimeter wurden mir von den Herren Directoren der med. Poliklinik, Prof. Rumpf und Prof. Müller, zur Verfügung gestellt. Die Gasuhr und die Hygrometer wurden mir zum Gebrauch in der Klinik von Herrn Professor Fränkel überlassen. Herrn Prof. Rubner bin ich für die freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit zum grössten Dank verpflichtet.

I. Beobachtungen am hungernden nicht fiebernden Kaninchen.

1. Die Gesammtwärmeabgabe in 24 Stunden.

a) Einfluss der Luftgeschwindigkeit.

In der Tabelle VIII sind die gesammten Wärmemengen, welche von 7 Kaninchen im Verlauf des zweiten bis dritten Hungertages während 24 Stunden abgegeben wurden, zusammengestellt. Es darf nach den Versuchen von Rubner[1]) als feststehend betrachtet werden,

1) Rubner, a. a. O. (S. 293, 1a u. 1b.)

dass innerhalb dieses Zeitraums Wärmeproduction und Wärmeabgabe als gleichwerthig anzusehen sind.

Tabelle VIII.

No. des Versuchs	Datum	Mittl. Gewicht	Wärmeabgabe in Calorien				Mittlere Temperatur des Zimmers	Mittlere Ventilation pro Stunde in l
			in Summa	pro Kilo	pro Kilo und Stunde	pro Quadratmeter Oberfl.		
II	21. VIII.	1787	159,74	89,39	3,7247	842,36	17,27	930
III	25. VIII.	1932	166,13	85,99	3,5809	831,5	17,57	953
I	10. VIII.	2151	156,04	72,54	3,0228	727,04	17,63	1182
IV	28. VIII.	1703	108,79	63,88	2,6517	592,29	19,09	935
VI	9. IV.	1673	104,68	62,57	2,6073	576,7	19,25	537
V	5. IV.	2189	117,39	53,63	2,2203	540,5	20,4	534
VII	13. IV.	2327	124,19	53,37	2,2237	549,09	17,05	595
II			168,92	94,52	3,9388	890,6	berechnet auf 15⁰ Umgebungstemperatur	
III			176,92	91,57	3,8136	885,5		
I			166,18	77,25	3,2192	774,28		
IV			119,94	70,42	2,9234	652,98		
VI			115,93	69,29	2,8875	638,66		
V			133,23	60,86	2,520	613,55		
VII			130,70	56,16	2,354	577,87		

Bei Betrachtung der Tabelle fällt es auf, dass in den Versuchen I, II, III die Wärmeabgabe eine beträchtlich grössere ist, als in den Versuchen IV—VII. Eine Erklärung für diese bemerkenswerthen Differenzen lässt sich weder durch das verschiedene Gewicht geben, noch durch die verschiedenen Aussentemperaturen, bei welchen die Versuche angestellt wurden.

Da meine Versuche zu verschiedenen Jahreszeiten angestellt wurden, wäre an eine gewisse Beeinflussung der Wärmeabgabe durch den verschiedenen Grad der Behaarung der Thiere wohl zu denken. Dieselbe scheint aber nach den Angaben Rubner's[1]) nicht von so ausschlaggebender Bedeutung zu sein, dass wir sie als ausreichende Erklärung für unsere Versuche heranziehen könnten. Ebensowenig ist nach dieser Richtung hin die Angabe Finkler's[2]) verwerthbar, welche besagt, dass im Winter der Stoffwechsel eine specifische

1) Rubner, Beiträge zur Lehre vom Kraftwechsel. Sitzungsber. der k. bayer. Akad. d. Wiss. 1885 H. 4 S. 461.

2) Finkler, Ueber das Fieber. Separatabdruck aus Pflüger's Archiv Bd. 29 S. 198.

Steigerung erfahre und zwar im Verhältniss wie 100 zu 119,9; denn ich fand gerade bei den von mir im Hochsommer angestellten Versuchen die Steigerung der Wärmeabgabe.

Dagegen scheint es mir von grosser Bedeutung zu sein, dass gerade in den Versuchen, bei welchen eine stärkere Ventilation des Versuchsraumes stattfand, auch eine bei weitem grössere Wärmeabgabe nachzuweisen war. Eine Ausnahme machte nur Versuch IV, auf den ich später zurückkomme.

Ueber eine Beeinflussung der Wärmeabgabe resp. Wärmeproduction durch die Luftgeschwindigkeit konnten nähere Angaben in der Literatur nicht gefunden werden. Es lag nicht in dem Rahmen meiner Arbeit, diese Verhältnisse eingehender zu studiren, jedoch sollen hier die gemachten Beobachtungen kurz angeführt werden. Aus meinen 7 Versuchen habe ich berechnet, wieviel Procent der durch Leitung und Strahlung abgegebenen Wärme mit der Ventilationsluft fortgeführt werden, und die Resultate in Tabelle IX zusammengestellt.

Tabelle IX.

No. des Versuches	Mittleres Gewicht	Mittlere Ventilation pro Stunde in l	24stündige durch Leitung u. Strahlung abgegebene Wärmemenge	An die Ventilationsluft durch Leitung u. Strahlung abgegebene Wärmemenge	
				in Calorien	in %
II	1787	930	134,67	23,750	17,6
III	1932	953	137,19	21,143	16,8
I	2151	1182	132,91	29,343	22,07
IV	1703	935	91,13	17,647	22,1
VI	1673	537	87,113	9,997	11,4
V	2189	534	97,25	9,28	10,3
VII	2327	595	106,58	13,294	12,4

Durch diese Zahlen wird zunächst ein Beleg dafür erbracht, dass um so mehr Wärme mit der Ventilationsluft fortgeführt wird, je stärker das Calorimeter ventilirt wird.

Auffallend gross ist der Procentsatz der an die Ventilationsluft abgegebenen Wärmemenge in Versuch IV. Es ist dieses Resultat darauf zurückzuführen, dass in Versuch IV die gesammte Wärmeabgabe trotz der stärkeren Ventilation eine im Vergleich mit Versuch I—III verhältnissmässig geringe ist.

Wir dürfen annehmen, dass in diesem Versuche (IV) die Ventilationsgrösse während der ersten 24 Stunden ohne wesentlichen Einfluss auf die Wärmeabgabe gewesen ist, dass sich das Thier also gegen eine Steigerung der Wärmeabgabe wohl noch auf physikalischem Wege zu schützen vermochte.

Die Individualität des Thieres spielt hierbei sicher eine grosse Rolle; es sei aber ausserdem noch darauf aufmerksam gemacht, dass Versuch IV bei einer etwa 1,05° wärmeren Temperatur ausgeführt wurde, als Versuch I—III.

Nehmen wir aus den Resultaten der Versuche I—III und V—VII das Mittel, so erhalten wir die folgenden Zahlen:

Tabelle X.

Versuch	Gewicht der Thiere	Temperatur des Zimmers	Grösse der Ventilation in 1 pro Stunde	Gesammt-Calorien-Abgabe
I—III	1957	17,49	1023	160,62
V—VII	2063	18,9	555	115,42

Wird alsdann der Einfluss, welchen die verschiedene Temperatur auf die Wärmeabgabe ausübt, dadurch ausgeglichen, dass wir nach den Angaben von Rubner für einen Grad Temperaturdifferenz 2,5% der Wärmeabgabe in Rechnung setzen, so verhält sich die Wärmeabgabe bei schwacher und starker Ventilation wie 100 zu 134,4.

Sollte diese Differenz thatsächlich, worauf meine Versuche hinweisen, im Wesentlichen durch die grössere Ventilation herbeigeführt sein, so werden wir in der Bewegung der Luft einen Factor zu erblicken haben, der in ungeahnter Grösse den Wärmehaushalt des Thieres beeinflusst, denn die Geschwindigkeit der Luft in einem Cylinder von 63 cm Länge und 24 cm Durchmesser, wie ihn das von mir benutzte Calorimeter darstellt, ist bei einer stündlichen Lüftung von 555—1023 l Luft eine äusserst geringe und für unsere Empfindungsapparate nicht einmal wahrnehmbar. Letzter Umstand verdient besonders hervorgehoben zu werden, um sich eine Vorstellung von der Schärfe zu machen, mit welcher die der Wärmeregulirung vorstehenden Apparate arbeiten. Man wird sich aber auch zugleich, wenn man diese Reaction auf einen verhältnissmässig

geringen Reiz richtig beurtheilen will, gegenwärtig halten müssen, dass das Kaninchen der umgebenden Luft eine grosse Oberfläche im Vergleich zur Körpermasse darbietet.

Für das Bestehen einer chemischen Wärmeregulation ist durch Colosanti, Finkler, Pflüger, Voit und Rubner der unbedingte Beweis erbracht.

Als Ausdruck der chemischen Wärmeregulation ist eine reflectorische Verminderung resp. Zunahme des Stoffumsatzes anzusehen, welcher auf eine Steigerung oder einen Abfall der umgebenden Lufttemperatur allerdings nur innerhalb gewisser Grenzen erfolgt. Der chemischen Wärmeregulation hat Rubner[1]) die physikalische gegenüber gestellt, welche dazu dient, bei sinkender Lufttemperatur den Wärmeabfluss zu hemmen, bei steigender Lufttemperatur der Wärme einen besseren Abfluss zu verschaffen. In gleicher Weise tritt nach der Nahrungsaufnahme und bei Arbeitsleistung die physikalische Regulation in Thätigkeit, um einer Ueberhitzung des Körpers vorzubeugen. Als solche physikalisch regulirenden Mittel sind zu nennen: die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung (Schweissdrüsen, Athmung), die Veränderlichkeit der Blutfülle in der bedeckenden Haut, die Veränderlichkeit der wärmeabgebenden Oberfläche durch Haltung und Lage.

Die Steigerung der Wärmeabgabe, welche infolge verstärkter Ventilation des Calorimeters eintritt, haben wir als den Ausdruck einer chemischen Regulation aufzufassen. Eine unverhältnissmässige Vermehrung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung liegt, wie wir weiter unten zeigen werden, nicht vor.

Wenn sich auch nach meinen Versuchen ein durchaus sicheres Urtheil über den Einfluss der Ventilationsgrösse resp. der Luftgeschwindigkeit auf die Wärmeabgabe noch nicht fällen lässt, so weisen dieselben doch darauf hin, dass bei allen vergleichenden Versuchen, mag es sich nun um 24stündliche oder um kurzdauernde Perioden handeln, die Ventilationsgrösse einer genaueren Berücksichtigung bedarf, als ihr bisher zu Theil wurde. Angaben über

1) Rubner, Biolog. Gesetze, Marburg 1887; vergl. ausserdem Rubner: Ueber den Werth und die Beurtheilung einer rationellen Bekleidung. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege Bd. 25 S. 471.

die Menge der ventilirten Luft müssen offenbar genaueren Angaben über die Geschwindigkeit der Ventilationsluft weichen. Es ist selbstverständlich, dass der Einfluss der Luftgeschwindigkeit bei allen Stoffwechselversuchen gleich bedeutungsvoll ist.

b) Einfluss der Körper-Grösse und -Oberfläche auf die Wärmeabgabe.

Bei den folgenden Ueberlegungen, welche sich auf einen Vergleich der bei den verschiedenen Thieren gewonnenen Resultate stützen, werden wir die Versuche I—III und IV—VII infolge des durch die verschieden grosse Ventilation bedingten Unterschiedes in der Versuchsanordnung gesondert betrachten.

Rubner[1]) hat durch zahlreiche Versuche, welche er an Hunden von verschiedener Grösse anstellte, den Beweis geliefert, dass mit dem Sinken des Körpergewichts ein allmähliches Ansteigen der Intensität der Verbrennung verbunden ist. Er führte sodann den Nachweis, dass als Ursache für den relativ höheren Gesammtstoffwechsel kleinerer Thiere die relativ grössere Oberfläche derselben anzusehen sei, nachdem bereits früher von Bergmann[2]) auf dieses Abhängigkeitsverhältniss hingewiesen war.

Rubner stellte eine Formel[3]) für die Oberflächen-Berechnung aus dem Gewichte des Thieres und einer gewissen Constanten auf, diese Constante wurde durch directe Messung der Oberfläche für eine jede Thierart bestimmt.

Es ergab sich alsdann durch die Vertheilung der abgegebenen Wärmemengen auf die so berechnete Oberfläche, dass von sieben Hunden, deren Gewicht zwischen 3 und 31 kg schwankte, pro Quadratmeter Oberfläche annähernd die gleiche Wärmemenge abgegeben wurde. Für jede Thierart stellte die Wärmeabgabe pro Quadratmeter Oberfläche eine besondere Grösse dar.

Auch aus meinen Versuchen IV—VII (Tab. VIII) ergibt sich, dass im Allgemeinen die Gesammtwärmeabgabe in 24 Stunden mit

1) Rubner, Einfluss der Körpergrösse auf den Stoff- und Kraftwechsel. Zeitschr. f. Biol. Bd. 19 S. 535 N. F. 1.

2) Cit. nach Rubner, a. a. O. (1.)

3) Die Formel lautet $O = K \sqrt[3]{a^2}$

O = Oberfläche, a = Gewicht, K = Constante, beim Kaninchen Constante 12,88.

zunehmendem Körpergewicht des Thieres steigt, die Wärmeabgabe pro Kilo Thier dagegen abnimmt; diese Thatsache, welche Rubner am Hunde durch indirecte Calorimetrie festgestellt hat, erhält durch meine auf dem Wege der directen Calorimetrie gewonnenen Resultate für das Kaninchen eine Bestätigung. Bei Berechnung der Wärmeabgabe pro Quadratmeter Oberfläche tritt in den Versuchen IV bis VII eine ähnliche, auffallende Gleichmässigkeit hervor, wie sie Rubner für die Wärmeabgabe beim Hunde fand. Eine gewisse Abhängigkeit von der Grösse scheint sich jedoch besonders bei Berücksichtigung der auf 15° reducirten Werthe auch hier geltend zu machen.

Ich sehe mich genöthigt, auf dieses Verhalten an dieser Stelle nochmals einzugehen, da die Abhängigkeit der Wärmeabgabe von der Körpergrösse für die Beurtheilung meiner Versuche von der allergrössten Bedeutung ist. Wie schon oben bemerkt, wurden meine Versuche, die sich zum Theil über zwei bis vier Tage erstreckten, an hungernden Kaninchen angestellt. Wie aus den Tabellen II bis VII zu ersehen ist, nahmen die Kaninchen im Verlaufe von drei Tagen um $^1/_8$ bis $^1/_6$ ihres Gewichts ab. Nach dem Gesagten steht zu erwarten, dass diese Gewichtsabnahme von grossem Einfluss auf die Wärmeabgabe sein muss. Man wird daher bei einem Vergleich der Wärmeabgabe an den einzelnen Tagen bestrebt sein müssen, diesen Einfluss in Rechnung zu setzen. Wie es nun feststeht, dass die Gewichtsabnahme bei den einzelnen Individuen während des Hungers keineswegs nach einer einheitlichen Formel verläuft, so werden wir auch nicht erwarten können, eine solche für die Wärmeabgabe aufstellen zu können. Es wäre daher müssig gewesen, Versuche nach dieser Richtung hin mit den uns zur Verfügung stehenden Apparaten an den einzelnen Kaninchen anzustellen. Ich habe jedoch aus der Literatur einige Versuche von Rubner[1]) und May[2]) in der Tabelle XI zusammengestellt, wodurch der Verlauf der Wärmeabgabe an mehreren auf einander folgenden Tagen während des Hungers demonstrirt wird.

1) Rubner, a. a. O. (S. 318, 1) S. 540.

2) May, a. a. O. S. 35.

Die Versuche von Rubner wurden am Hunde ausgeführt, die von May am Kaninchen. Nur in Versuch IV wurde von Rubner die directe Calorimetrie angewandt, sonst sind die Resultate durch indirecte Calorimetrie gewonnen.

Tabelle XI.

Autor	No. des Versuches	Carenztag	Gewicht des Thieres	Gesammt-wärmeabgabe in Calorien	Wärmeabgabe	
					pro Kilo	pro Quadratmeter Oberfl.
Rubner[1])	I	1	6150	388,80	63,22	1037,9
		2	5980	339,24	56,73	922,68
"	II	1	6660	399,20	59,94	1010,5
		2	6500	362,25	55,73	931,96
		3	6360	345,92	54,39	902,98
"	III	1	11110	704,59	63,42	1268,0
		2	10870	663,50	61,04	1211,6
"	IV	1	4567	274,7	73,98	894,24
		2	4480	260,1	72,577	857,63
		3	4393	236,4	71,166	789,73
May[2])	V	3	3345	210,1	62,8	729,3
		4	3230	202,31	62,6	718,84
"	VI	3	2838	148,85	52,4	576,5
		4	2737	150,5	54,9	597,19

Aus den Resultaten ist zu ersehen, dass im Hunger mit sinkendem Körpergewicht beim Hunde sowohl die Gesammtwärmeabgabe, als auch die Wärmeabgabe pro Kilo Körpergewicht abnimmt.

Ich habe in diesen Versuchen auch die Wärmeabgabe pro Quadratmeter Oberfläche berechnet. Diese Grösse nimmt ebenfalls von Tag zu Tag während des Hungers ab. Es besteht also insofern auch eine gewisse Abhängigkeit der Wärmeabgabe pro Quadratmeter Oberfläche von dem Körpergewichte.

Leider sind die Versuche, welche zum Vergleich über die tägliche Wärmeabgabe der Kaninchen vorliegen, sehr spärliche. Wenn in dem einen nach May citirten Versuch Nr. VI, ebenso wie auch in einigen von Rubner angestellten Versuchen, die hier nicht angeführt wurden, die Wärmeabgabe an einem folgenden Hungertage

1) Die Werthe in Versuch I—III sind auf 15° Umgebungstemperatur umgerechnet. Versuch IV wurde bei 20° 2 angestellt.

2) Vergl Tab. XVIII H u. G.

grösser ist, als an einem vorhergehenden, so ist dieser Umstand möglicherweise auf unruhiges Verhalten des Thieres zurückzuführen. Wir wären damit auf eine eventuelle und wohl zu berücksichtigende Fehlerquelle, auch für vergleichende Versuche, die an ein und demselben Thiere angestellt werden, aufmerksam gemacht. In dem anderen aus der Arbeit von May mitgetheilten Versuch (Tab. XI Vers. V) ist die Gesammtwärmeabgabe am dritten Hungertage zwar grösser als am vierten, jedoch ist der Unterschied ein geringer. Ob sich das Kaninchen infolge seiner relativ grösseren Oberfläche nach einer längeren Hungerzeit anders verhält, als der Hund, ist auf Grund dieses einen Versuches nicht zu entscheiden.

Bei der Beurtheilung von Versuchen, die sich auf den Vergleich der Wärmeabgabe an mehreren aufeinander folgenden Hungertagen stützen, müssen wir also unter Umständen grosse Vorsicht walten lassen, da sich das Urtheil manchmal nur auf Schätzung stützen kann. Es sei hier gleich bemerkt, dass nur in einem unserer Versuche (VI) bei der Beurtheilung des Resultates Zweifel entstehen können.

c) Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung im Verhältniss zur Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung.

Rubner[1]) hat erst kürzlich sehr umfangreiche Versuche mitgetheilt, in denen er die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung und durch Wasserverdunstung unter sehr wechselnden Bedingungen studirte. Er zeigte unter anderem, dass ein Abhängigkeitsverhältniss besteht zwischen der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung einerseits und der Feuchtigkeit und Temperatur der umgebenden Luft andererseits, und zwar in dem Sinne, dass die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung sich bei steigender Feuchtigkeit der umgebenden Luft verringert, bei steigender Temperatur aber zunimmt. Auf die Gesammtwärmeabgabe üben Aenderungen in der Luftfeuchtigkeit zwar einen nachweislichen, aber keinen nennenswerthen

1) Rubner, Archiv f. Hygiene Bd. 11 S. 137—292. Die Beziehung der atmosphärischen Feuchtigkeit zur Wasserdampfabgabe. . Stoffzersetzung und Schwankungen d. Luftfeuchtigkeit. Thermische Wirkungen d. Luftfeuchtigkeit.

Einfluss[1]) aus. Sodann fand Rubner, dass kleine und grosse Thiere, sowie auch der Mensch bei mittlerer Temperatur und Feuchtigkeit der umgebenden Luft einen annähernd gleich grossen Procentsatz ihres Körpergewichts als Wasser resp. als Wärme durch Wasserverdunstung abgeben. Gesteigert wird dieser Procentsatz durch Nahrungszufuhr und Arbeit. Diejenigen Resultate, welche in meinen Versuchen Aufschluss über die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung geben, habe ich in der Tabelle XII zusammengestellt.

Tabelle XII.

No. des Versuchs	Mittleres Gewicht des Kaninchens in g	Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung				Feuchtigkeitsgehalt d. Luft in %	Mittlere Temperatur des Zimmers
		in Summa während 24 Stdn.	pro Kilo u. Stunde	in % bezogen auf das Gew. des Kaninch.	in % bezogen auf die Gesammtwärmeabgabe		
II	1787	25,07	0,585	1,403	15,69	71	17,27
III	1932	28,84	0,622	1,492	17,36	67	17,57
I	2151	23,13	0,448	1,075	14,73	71	17,63
IV	1703	17,65	0,432	1,036	16,23	60	19,09
VI	1673	17,57	0,438	1,050	16,78	41	19,25
V	2189	20,13	0,383	0,919	17,15	45	20,4
VII	2327	17,60	0,315	0,756	14,18	42	17,05

In Versuch II und III hat eine beträchtliche Vermehrung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung stattgefunden. Dementsprechend ist auch die Wärmeabgabe pro Kilo und Stunde und 100 g Körpergewicht gesteigert. Die Vermehrung der Wasserabgabe hat aber in diesen Versuchen in annähernd gleichem Grade stattgefunden, als die Gesammtwärmeabgabe unter dem Einfluss der stärkeren Ventilation zunahm. Ich bin daher geneigt, diese Steigerung der Wasserverdunstung auch als eine Folgeerscheinung der stärkeren Ventilation des Calorimeters aufzufassen.

In Versuch I und in den Versuchen IV bis VII zeigte die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung pro Kilo und Stunde und 100 g Körpergewicht nur geringe Unterschiede. Die Zahlen können wohl dazu dienen, für das Kaninchen die von Rubner am Menschen,

1) Bei zunehmender relativer Feuchtigkeit tritt eine geringfügige Verminderung der Wärmebildung, bei Abnahme eine entsprechende Vermehrung ein.

Hunde und Meerschweinchen gemachten Beobachtungen zu bestätigen. Eine gewisse Abhängigkeit der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung vom Körpergewicht fällt in den Versuchen IV bis VII auf und zwar insofern, als die grossen Thiere weniger Wärme pro Kilo und Stunde auf dem Wege der Wasserverdunstung abgeben als die kleineren. Es liegt mir indessen fern, auf Grund dieser Versuche diesen Befund zu verallgemeinern, da, wie weiter unten gezeigt werden wird, gerade die Wasserverdunstung durch Unruhe des Thieres leicht beeinflusst werden kann.

Bei einer Berechnung des Antheils der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung an der Gesammtwärmeabgabe ergiebt sich in allen sieben Versuchen eine grosse Uebereinstimmung. Die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung schwankt zwischen 14 und 17 % und beträgt im Mittel

16 %.

Der Einfluss des Feuchtigkeitsgrades der Luft und der umgebenden Temperatur auf die Wärmeabgabe tritt unter den von mir gewählten Versuchsbedingungen nicht deutlich in die Erscheinung.

2. Wärmeabgabe am Tage und während der Nacht.

Pettenkofer und Voit[1]) fanden bei ihren umfangreichen Stoffwechselversuchen am Menschen, dass während des Schlafes und in der Nacht weniger Kohlensäure ausgeschieden wurde, als am Tage. Voit[2]) erklärte diesen Umstand mit folgenden Worten: „Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Ursache davon vor Allem in der während des Schlafes stattfindenden Muskelruhe, aber auch in dem Wegfall vieler Anregungen und Thätigkeiten des Nervensystemes zu suchen ist.“

Nach Feder[3]), der die Stickstoffausscheidungen beim hungernden Hunde in zweistündlichen Perioden während 24 Stunden verfolgte, verlief die Eiweisszersetzung am Tage und während der Nacht sehr gleichmässig.

1) Pettenkofer u. Voit, Zeitschr. f. Biol. 1866, Bd. 2 S. 545.

2) Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels in Herrmann's Handbuch der Physiologie S. 204.

3) Feder, Der zeitliche Ablauf der Zersetzung im Thierkörper. Zeitschrift f. Biol. Bd. 15 S. 531.

Rubner[1]) bestimmte am hungernden Hunde in dreistündlichen Perioden die Kohlensäureausscheidung während 24 Stunden. Er fand, dass sich die Kohlensäureausscheidung am Tage und während der Nacht verhielt, wie 100,6 : 100,0.

Es ist bekannt, dass die Eiweisszersetzung unabhängig ist von Kälte und Wärme, Ruhe und Arbeit. Nach den Versuchen von Pettenkofer und Voit (am Menschen) und Feder (am Hunde) dürfen wir eine Unabhängigkeit des Eiweisszerfalls vom Schlafen und Wachen annehmen. Die Versuche von Rubner am hungernden Hunde beweisen, dass die Kohlensäureausscheidung resp. Fett- und Kohlehydratzersetzung unter Umständen bei Nacht und bei Tag nicht verschieden zu sein braucht. Die von Voit für die Kohlensäureausscheidung beim Menschen abgegebene Erklärung würde auch jeder Zeit ausreichen, andere Befunde, als sie die Rubner'schen Versuche ergeben, beim Thiere zu erklären.

Ueber die Gesammtwärmeabgabe bei Tag und Nacht, besonders über den Antheil der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung einerseits und durch Wasserverdunstung andererseits, lassen die bisherigen Versuche kein Urtheil fällen.

Wie aus den Tabellen I bis VII hervorgeht, wurden meine Versuche nicht zu denselben Tagesstunden begonnen. Die Anfangszeit schwankte zwischen 5 und 10 Uhr Morgens, in Versuch VII wurde der Beginn auf 7 Uhr Abends verlegt. Ich habe bei der Berechnung der Werthe stets die ersten 12 Stunden den zweiten 12 Stunden als Tag und Nacht gegenüber gestellt. Durch eine besondere Berechnung, bei der ich die Wärmeabgabe in den Stunden von 6 bis 6 Uhr zu Grunde legte, überzeugte ich mich zuvor, dass der Beginn der Versuche zu den verschiedenen Tagesstunden auf den Ausfall der Resultate keinen bemerkenswerthen Einfluss nachweisen liess.

Die Resultate über die Wärmeabgabe bei Tag und bei Nacht sind in den Tabellen XIII und XIV zusammengestellt. Auch in diesen Tabellen werden neben den direct gewonnenen Grössen die auf 15° Umgebungstemperatur berechneten Werthe mitgetheilt.

---

1) Rubner, Zum 70. Geburtstage Carl Ludwigs 1887, S. 259.

Tabelle XIII.

No. des Versuches	Beobachtungen am Tage					Beobachtungen während der Nacht				
	Mittl. Gewicht des Kaninchens in g	Mittl. Temperatur	Wärmeabgabe			Wärmeabgabe			Mittl. Temperatur	Mittl. Gewicht des Kaninchens in g
			in Summa	durch Strahlg. und Leitung	durch Wasserverdunstg.	durch Wasserverdunstg.	durch Strahlg. und Leitung	in Summa		
II	1808	16,59	80,547	65,830	14,717	10,364	68,838	79,202	17,94	1763
III	1956	17,12	82,568	66,428	16,140	12,699	70,866	83,565	18,11	1909
I	2167	16,9	81,397	66,666	14,731	8,405	66,247	74,652	18,36	2137
IV	1684	19,45	52,974	45,060	7,914	9,735	46,082	55,817	18,61	1728
VI	1692	19,2	54,969	44,316	10,653	6,924	42,797	49,720	19,3	1655
V	2216	20,1	65,197	53,863	11,334	8,798	43,393	52,194	20,06	2159
VII	2355	17,03	61,233	52,384	8,849	8,759	54,198	62,957	17,06	2299
II			83,768	68,463	15,305	11,116	73,728	84,944	Werthe auf 15° Umgebungstemperatur berechnet.	
III			86,902	70,078	16,824	13,683	76,358	90,041		
I			85,263	69,832	15,431	9,120	71,877	80,997		
IV			58,933	50,12	8,81	10,611	50,229	60,480		
VI			60,740	48,969	11,771	7,667	47,397	55,064		
V			73,509	60,730	12,779	10,029	49,468	59,497		
VII			64,294	55,003	9,291	9,219	57,043	66,262		

Tabelle XIV.

No. des Versuches	Beobachtungen am Tage					Beobachtungen während der Nacht				
	Mittl. Gewicht des Kaninchens in g	Mittl. Temperatur	Wärmeabgabe			Wärmeabgabe			Mittl. Temperatur	Mittl. Gewicht des Kaninchens in g
			in Summa pro Kilo und Stunde	durch Strahlung u. Leitg. pro Kilo und Stunde	durch Wasserverdunstg. pro Kilo und Stunde	durch Wasserverdunstg. pro Kilo und Stunde	durch Strahlung u. Leitg. pro Kilo und Stunde	in Summa pro Kilo und Stunde		
II	1808	16,59	3,713	3,037	0,676	0,485	3,259	3,744	17,94	1763
III	1956	17,12	3,523	2,833	0,688	0,554	3,097	3,651	18,11	1909
I	2167	16,9	3,123	2,557	0,566	0,328	2,583	2,911	18,36	2137
IV	1684	19,45	2,616	2,225	0,391	0,469	2,222	2,691	18,61	1728
VI	1692	19,2	2,707	2,183	0,524	0,348	2,155	2,503	19,3	1655
V	2216	20,1	2,542	2,116	0,426	0,339	1,676	2,015	20,06	2159
VII	2355	17,03	2,168	1,855	0,313	0,318	1,964	2,282	17,06	2299
II			3,861	3,158	0,703	0,520	3,495	4,015	Werthe auf 15° Umgebungstemperatur berechnet.	
III			3,707	2,983	0,724	0,597	3,337	3,933		
I			3,271	2,679	0,592	0,355	2,803	3,158		
IV			2,911	2,475	0,436	0,511	2,422	2,933		
VI			2,991	2,412	0,579	0,386	2,316	2,772		
V			2,866	2,386	0,481	0,387	1,910	2,297		
VII			2,276	1,948	0,329	0,334	2,068	2,401		

Es zeigte sich, dass die Gesammtwärmeabgabe in drei Versuchen (III, IV, VII) während der Nacht diejenige am Tage um ein Weniges übertrifft. In drei weiteren Versuchen (I, VI, V) ist die Wärmeabgabe am Tage ziemlich beträchtlich grösser, als wie in der Nacht, in Versuch II schliesslich ist dieselbe nach Berücksichtigung der Umgebungstemperatur während des Tags und während der Nacht wohl als annähernd gleich gross auzusehen.

Keineswegs sind in Versuch I und in den Versuchen III bis VII die Unterschiede der Wärmeabgabe bei Tag und Nacht direct abhängig zu machen von einem Wechsel der Aussentemperatur, wie ein Blick auf die Tabelle lehrt, auch sind uns sonst keine äusseren Umstände aufgefallen, welche wir für die Schwankungen verantwortlich machen könnten. Im Besonderen sei noch hervorgehoben, dass die Kaninchen in dem Calorimeter ein durchaus gleichmässiges Verhalten zeigten.

Wir müssen daher aus den Resultaten meiner Versuche den Schluss ziehen, dass sich für die Gesammtwärmeabgabe während der Nacht und am Tage bei Kaninchen im Hungerzustande keine einheitliche Regel aufstellen lässt, dass dieselbe vielmehr von individuellen Umständen und Zufälligkeiten abhängig zu sein scheint, die wir nicht übersehen. Es ist nicht auszuschliessen, dass bei anderen Thierarten, z. B. beim Hunde, andere Verhältnisse anzutreffen sein werden.

Die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung ist in vier Versuchen am Tage beträchtlich grösser als wie in der Nacht; in Versuch VII besteht Gleichheit, nur in Versuch IV findet sich während der Nacht ein grösserer Wärmeverlust durch Wasserverdunstung als am Tage. Dieser Versuch wurde im Gegensatze zu den übrigen Versuchen Abends 7 Uhr begonnen. Es wird weiter unten bei der Besprechung der stündlichen Wärmeabgabe näher auseinander gesetzt werden, welche äusseren Einflüsse von Einwirkung auf die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung sind. Eine Erklärung für das besondere Verhalten, welches die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung in Versuch IV bei Tag und Nacht zeigt, wird alsdann nicht schwer fallen.

Meine Befunde deuten darauf hin, dass die Wasserabgabe bei Tag und bei Nacht zwar nicht zu differiren braucht (Versuch VII), im Allgemeinen aber am Tage höher zu sein pflegt, als in der Nacht. Ich habe ausserdem den Procentsatz der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung an der Gesammtwärmeabgabe berechnet und die Zahlen in Tabelle XV zusammengestellt.

Tabelle XV.

No. des Versuches	Wärmeabgabe			
	am Tage		in der Nacht	
	durch Strahlung und Leitung in %	durch Wasserverdunstung in %	durch Wasserverdunstung in %	durch Strahlung und Leitung in %
II	81,79	18,21	12,96	87,04
III	80,46	19,54	15,18	84,82
I	81,55	18,45	11,25	88,75
IV	85,05	14,95	17,41	82,59
VI	80,63	19,37	13,91	86,09
V	83,24	16,76	16,84	83,16
VII	85,56	14,44	13,91	86,09
Mittel	82,61	17,39	14,49	85,51

Man ersieht aus dieser Uebersicht, dass die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung im Mittel

am Tage 17,39 %,

während der Nacht 14,49 %

beträgt. Für die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung ergibt sich dementsprechend

am Tage 82,61 %,

während der Nacht 85,51 %.

Aus diesen Zahlen darf keineswegs der Schluss gezogen werden, dass die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung während der Nacht gegenüber derjenigen am Tage in allen Versuchen auch absolut vermehrt ist. Nur in vier Versuchen (I, II, III, VII) ist eine absolute Vermehrung der Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung während der Nacht zu constatiren. In Versuch IV ist dieselbe bei Tag und Nacht gleich gross, in Versuch V und VI in der Nacht geringer als am Tage.

In den Versuchen II und III ist die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung während der Nacht in so hohem Grade vermehrt, dass dadurch die beträchtliche Verminderung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung nicht nur nicht ausgeglichen, sondern sogar übercompensirt wird. Es ist im Anschluss an diese beiden Versuche der Gedanke nahe gelegt, dass unter Umständen während der Nacht eine gewisse Einsparung von Wasserdampf erfolgen kann, indem die Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung dafür vermehrt wird. Auch die Resultate in Versuch I und VII kann man in ähnlichem Sinne verwerthen. Jedenfalls gibt der mittlere Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft keine Erklärung für diese Befunde ab.

3. Stündlicher Verlauf der Wärmeabgabe.

a) Verhalten der Gesammtwärmeabgabe.

Bei der Betrachtung des stündlichen Verlaufs der Wärmeabgabe (Tabellen I bis VII a und b) ergibt sich zunächst, dass in sämmtlichen sieben Versuchen im Verlaufe von 24 Stunden recht beträchtliche Schwankungen der Wärmeabgabe wahrzunehmen sind. Diese verursachen in den einzelnen Versuchen Unterschiede der stündlichen Wärmeabgabe von 27 %, selbst 31 %. Ferner sind diese Schwankungen in allen Versuchen bei Tage deutlich grösser, als während der Nacht, wie aus Tabelle XVI zu ersehen ist.

Tabelle XVI.

No. des Versuches	Am Tage beobachtete Schwankungen			Während der Nacht beobachtete Schwankungen		
	der Zimmertemp.	der Wärmeabgabe pro Kilo	der Wärmeabgabe auf 100 bezogen	der Zimmertemp.	der Wärmeabgabe pro Kilo	der Wärmeabgabe auf 100 bezogen
II	15,2—18,0	3,21—4,01	100—124,9	17,7—18,2	3,57—3,85	100—107,8
III	14,9—18,4	2,85—3,82	100—134,03	17,5—18,5	3,47—3,90	100—112,3
I	14,8—18,8	2,69—3,67	100—136,4	18,1—18,7	2,76—3,09	100—111,9
IV	18,2—20,4	2,41—2,86	100—118,6	17,9—19,1	2,53—2,94	100—116,2
VI	17,7—19,7	2,34—3,38	100—144,4	19,1—19,5	2,32—2,86	100—123,2
V	19,4—20,4	2,26—2,73	100—120,7	20,0—21,0	1,84—2,36	100—112,8
VII	16,3—17,3	1,85—2,46	100—132,9	17,0—17,2	2,10—2,53	100—120,47

Eine Gleichmässigkeit der Wärmeabgabe, wie sie bei Nacht[1]) in verschiedenen aufeinanderfolgenden Stunden beobachtet wurde, trat am Tage nicht annähernd in gleichem Maasse auf.

Bei Beurtheilung der stündlichen Wärmeabgaben werden wir zunächst als ein dieselbe vermuthlich in hohem Grade beeinflussendes Moment die Temperatur der umgebenden Luft in's Auge zu fassen haben, zumal dieselbe bei unseren Versuchen nicht gleichmässig gestaltet werden konnte. Rubner[2]) hat durch Versuche von 24stündlicher Dauer nicht nur die Angaben über den bedeutenden Einfluss der umgebenden Temperatur auf Wärmeproduction erhärtet, sondern auch den entsprechenden Einfluss auf die Wärmeabgabe mittelst der directen Calorimetrie nachgewiesen.

In meinen Versuchen lässt sich nun keineswegs ein gesetzmässiges Abhängigkeitsverhältniss zwischen der Temperatur und der stündlichen Wärmeabgabe durchgehends feststellen, wie dieses in langdauernden Versuchen (24stündlichen) nachweisbar war. Nur in wenigen Versuchen zeigte sich im Verlauf von mehreren Stunden eine gewisse Abhängigkeit der stündlichen Wärmeabgabe von der Temperatur der umgebenden Luft.

In Versuch I wurde am Tage in der Zeit von 5 bis 12 Uhr entsprechend einer Temperaturzunahme von 14,8 bis 17,4 °, gleichzeitig eine Abnahme der Wärmeabgabe beobachtet. Aehnliches wurde wahrgenommen in Versuch IV am Tage in der Zeit von 12 bis 6 Uhr und in Versuch II am Tage in den Stunden von 8 bis 5 Uhr, schliesslich in Versuch V während der Nacht in den Stunden von 11 bis 6 Uhr. Bei näherer Berechnung stellte sich aber heraus, dass die Schwankungen in der stündlichen Wärmeabgabe wohl kaum den gleichzeitigen Veränderungen der äusseren Temperatur entsprechen. Es würde sich z. B. in Versuch IV für ein Grad Aenderung in der Temperatur der umgebenden Luft ein Unterschied in der Wärmeabgabe von 14 % ergeben. Die Schwankungen

1) Grosse Gleichmässigkeit der stündlichen Wärmeabgabe findet sich während der Nacht vorübergehend in allen Versuchen, am Tage in Versuch II, I u. VII.

2) Rubner, a. a. O. (S. 321, 1) S. 285.

der Wärmeabgabe sind demgemäss zu grosse, als dass wir dieselben allein auf die gleichzeitigen, verhältnissmässig geringen Temperaturschwankungen beziehen könnten.

Ein gewisser Einfluss der Aussentemperatur auf die Wärmeabgabe scheint sich fernerhin auch dadurch auszusprechen, dass nämlich bei gleichem Verhalten der Schwankungen in der Umgebungstemperatur die Schwankungen der Wärmeabgabe in allen Versuchen am Tage bedeutend grösser sind als zur Nachtzeit. Ein Blick auf die Tabelle XVI zeigt jedoch, dass auch dieses Abhängigkeitsverhältniss durchaus kein gleichmässiges ist.

Weiterhin mag zur Erklärung der Schwankungen, welche ich bei Verfolgung der stündlichen Wärmeabgabe am Kaninchen beobachtete, der Umstand geltend gemacht werden, dass im Verlauf von 24 Stunden und zwar, wie bereits Voit hervorgehoben hat, am Tage mehr als während der Nacht, von aussen her mancherlei Anregungen des Nervensystems erfolgen, welche zur Auslösung von Thätigkeiten oder, was dasselbe sagen will, zur Bildung von Wärme Veranlassung geben. Diese Anregungen sind zum Theil durch Zufälligkeiten bedingt und erfolgen durchaus unregelmässig, zum Theil sind sie zurückzuführen auf Eingriffe, welche durch das Experiment geboten sind. Für die Grösse der Schwankungen sind nicht sowohl die Art und Intensität der erfolgten Anregung, als auch die individuellen Eigenschaften der Thiere maassgebend. Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass die Gewöhnung an den Apparat bei den verschiedenen Thieren verschieden rasch eintritt. In Versuch I und in einigen Vorversuchen erfolgte sie offenbar besonders langsam.

Fast nach jeder Herausnahme der Thiere aus dem Calorimeter behufs Messung oder eines sonstigen Eingriffs liess sich bei Fortsetzung des Versuchs eine deutliche Veränderung der Wärmeabgabe nachweisen, sei es der Gesammtheit oder der einzelnen Componenten. Die Beeinflussung letzterer wird weiter unten besprochen werden.

Auf zwei Vorkommnisse möchte ich an dieser Stelle noch besonders aufmerksam machen; in Versuch I tritt während der Nachtzeit, trotz eines gleichzeitigen Abfalls der Zimmertemperatur von 18,7° auf 18,1°,

in vier aufeinanderfolgenden Stunden (8 bis 12) keinerlei Veränderung der Gesammtwärmeabgabe ein.

Die auffallend geringe Abgabe während der ersten zwei Stunden in Versuch III legt den Gedanken nahe, dass erst von der dritten Stunde an der durch die Ventilationsgrösse bedingte Einfluss auf die Wärmeabgabe in die Erscheinung tritt. Es hat somit den Anschein, als ob sich das Thier durch physikalische Regulation eine Zeit lang vor einer vermehrten Wärmeabgabe zu schützen im Stande gewesen wäre. Dieses würde eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung sein, welche ein weiteres Studium verdiente und in Versuchen über die stündliche Wärmeabgabe bei verschiedenen Temperaturen der umgebenden Luft zu beobachten wäre.

b) Verhältniss zwischen Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung und Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung.

Bei der Betrachtung des Antheils, welchen die einzelnen Componenten an der Gesammtwärmeabgabe nehmen, zeigt sich, dass sehr grosse Schwankungen zwischen der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung und derjenigen durch Strahlung und Leitung in allen Versuchen vorkommen. Bei näheren Berechnungen ergibt sich, dass der Antheil der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung schwankt

in	Versuch	II	zwischen	25,9 %	und	14,6 %
„	„	III	„	21,5 %	„	17,1 %
„	„	I	„	31,6 %	„	7,78 %
„	„	IV	„	26,4 %	„	11,5 %
„	„	VI	„	21,5 %	„	16,0 %
„	„	V	„	26,1 %	„	14,1 %
„	„	VII	„	16,33 %	„	11,8 %.

Auf die grosse Bedeutung der Wasserbestimmung für die Beurtheilung der Gesammtwärmeabgabe ist bereits von Rubner in seinen letzten Arbeiten, besonders auch in der Kritik[1]) der calorimetrischen Versuche Rosenthal's nachdrücklich hingewiesen.

Es erscheint jedoch nicht überflüssig, an der Hand des vorliegenden Materials noch einmal darauf aufmerksam zu machen,

1) Rubner, a. a. O. (S. 293, 1a u. S. 321, 1.)

dass bei calorimetrischen Messungen eine Vernachlässigung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung durchaus unzulässig ist. Untersuchungen, welche es bisher an einer Wasserbestimmung haben fehlen lassen, erfahren eine dementsprechende Beschränkung der Beweiskraft.

Wenn wir nun das Verhältniss zwischen Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung und Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung näher ins Auge fassen, so ergibt sich durchgehends, in einem Versuch allerdings mehr als in dem anderen, dass äussere Eingriffe jeglicher Art stets von hervorragendem Einfluss auf die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung sind. Es lässt sich fast nach jeder Herausnahme aus dem Calorimeter zwecks Messung resp. Injection eine Steigerung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung wahrnehmen. Dieselbe ist auch stets zu Anfang des Versuchs in bedeutendem Maasse zu constatiren (nur Versuch VII macht eine Ausnahme), so dass wir jeden Wechsel der äusseren Verhältnisse, selbst wenn das Thier sich 24 Stunden vorher in einem ähnlich ventilirten Raum wie das Calorimeter befand, als bedeutungsvoll für die Art und Menge der Wärmeabgabe ansehen müssen.

In Versuch I finden wir in den ersten Stunden neben einer beträchtlichen Vermehrung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung auch eine Vermehrung der Gesammtwärmeabgabe resp. der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung. In Versuch IV ist die Gesammtwärmeabgabe in den ersten Tagesstunden vorwiegend durch Wasserverdunstung gesteigert. In Versuch II (Tags und Nachts), IV (Nachts) und VII (Tags und Nachts) ist in den ersten Stunden eine vermehrte Wasserabgabe bei gleichzeitig verminderter Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung zu constatiren. Neben einer Vermehrung der Gesammtwärmeabgabe unter gleichzeitiger Betheiligung beider Componenten haben wir also eine Verminderung der Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung und eine entsprechende Vermehrung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung beobachtet, welche sich nicht durch den Feuchtigkeitsgehalt der Luft erklärt. Es kann also eine Vertretung der beiden die Gesammtwärmeabgabe bedingenden Componenten unter

einander stattfinden. Eine solche Vertretung können wir auch da beobachten, wo die Wärmeabgabe, wie oben angeführt, ziemlich gleichmässig verläuft. Dass somit die Wärmeabgabe durch Wasserdunstung ein activer Process ist, wie ihn Rubner[1]) bezeichnet hat, kann auch aus diesen Versuchen gefolgert werden.

Bei einer sorgfältigen Durchmusterung des Materials, welches meine Versuche für die Beurtheilung der Wärmeabgabe im Hungerzustande darbieten, kommt man zu der Anschauung, dass Schlüsse, welche man aus dem Vergleich der Wärmeabgabe weniger Stunden, geschweige denn einzelner Stunden zu ziehen beliebt, sehr mit Vorsicht aufzunehmen sind. Ebenso sind die Resultate von calorimetrischen Versuchen, in welchen Eingriffe von kurz dauernder oder geringer Wirkung geprüft werden sollen, sehr mit Kritik zu betrachten.

Ich möchte schliesslich noch der Vermuthung Ausdruck verleihen, dass wir wohl kaum eine dem grossen Wechsel der stündlichen Wärmeabgabe genau entsprechende, stündliche Ausscheidung der Stoffwechselproducte erwarten können. Ich glaube unter Anderem hierin eine Erklärung dafür erblicken zu können, dass es bisher nur Rubner gelungen ist, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft am lebenden Thiere nachzuweisen. Rubner erfüllte alle nothwendigen Versuchsbedingungen und wählte vor allen Dingen genügend lange Versuchszeiten (21 bis 22 Stunden), in welchen sich Verschiedenheiten zwischen Wärmeabgabe und Ausscheidung der Stoffwechselproducte ausgleichen konnten.

Ich komme auf Grund meiner Versuche zu folgenden Schlusssätzen:

1. Die Luftgeschwindigkeit im Calorimeter kann die Wärmeproduction und die Wärmeabgabe in hohem Grade beeinflussen.

2. Die Steigerung der Wärmeproduction bei grösserer Luftgeschwindigkeit ist aufzufassen als Ausdruck gesteigerter, chemischer Regulation.

1) Rubner, a. a. O. (S. 321, 1) S. 224.

3. Die Grösse der Wärmeabgabe innerhalb 24 Stunden ist in demselben Maasse von der Körpergrösse und -Oberfläche abhängig wie die Wärmeproduction.

4. 16 % der abgegebenen Wärme werden vom Kaninchen durch Wasserverdunstung gebunden.

5. Ueber die Grösse der Gesammtwärmeabgabe bei Tag und bei Nacht lässt sich für das Kaninchen keine bestimmte Regel aufstellen.

6. Die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung ist am Tage beträchtlich grösser als während der Nacht (17 % zu 14 %), wenn während der Nacht keine besonderen äusseren Einflüsse auf das Thier einwirken.

7. Unter derselben Voraussetzung pflegt die Gesammtwärmeabgabe in ihrem stündlichen Verlauf bei Tage weit grössere Schwankungen zu zeigen als bei Nacht.

8. Die Schwankungen der Gesammtwärmeabgabe, sowie die Schwankungen der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung sind innerhalb 24 Stunden sehr bedeutende.

9. Durch jeden, auch den geringsten äusseren Eingriff kann eine Aenderung in der Wärmeabgabe hervorgerufen werden, sei es, dass die Gesammtwärmeabgabe oder deren Componenten im Einzelnen beeinflusst werden. Am auffälligsten ist die Steigerung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung infolge Beunruhigung des Thieres durch äussere Eingriffe.

10. Die Wärmebindung durch Wasserverdunstung darf bei calorimetrischen Versuchen niemals vernachlässigt werden.

II. Beobachtungen am fiebernden Kaninchen.

Liebermeister[1]) fand durch Berechnung des Wärmeverlustes, welchen gesunde und fiebernde Menschen im Bade erlitten, „dass der Wärmeverlust bei Fieberkranken grösser ist als bei Gesunden", und dass „im Fieber ceteris paribus mehr Wärme producirt wird, als im gesunden Zustande".

1) Liebermeister, Beobachtungen und Versuche über die Anwendung des kalten Wassers bei fieberhaften Krankheiten. Leipzig 1868, S. 100 ff.

Leyden[1]) bestimmte mit einem Wassercalorimeter die Wärmeabgabe am Unterschenkel fiebernder Menschen. Er schloss aus seinen Versuchen:

1. „Die Wärmeabgabe ist im Fieber gesteigert“;

2. „ebensowohl bei constanter, als bei ansteigender oder abfallender Körpertemperatur“;

3. „demnach ist eine gesteigerte Wärmeproduction unzweifelhaft vorhanden“.

Senator[2]) führte am fiebernden Hunde ebenfalls mit Hülfe eines Wassercalorimeters Messungen der Wärmeabgabe aus.

Auf Grund seiner Beobachtungen kam er zu folgenden Schlüssen: „Die Wärmeabgabe ist im Anfangsstadium des Fiebers niemals vermehrt, sondern eher vermindert, und infolge davon wird in diesen Zeiten höchstwahrscheinlich abnorm viel Wärme im Körper angehäuft.“ „Im weiteren Verlaufe und auf der Höhe des Fiebers zeigt die Wärmeabgabe wenigstens am Tage ähnliche Schwankungen wie die Kohlensäureabgabe.“ „Auch die Wärmebildung zeigt auf der Höhe des Fiebers beträchtliche Schwankungen, sie ist zu manchen Zeiten entschieden grösser, als in dem entsprechenden fieberfreien Zustande, zu anderen Zeiten wieder entschieden kleiner.“

In neuester Zeit hat Rosenthal[3]) über Versuche berichtet, die er am fiebernden Menschen und Thiere angestellt hat. Aus seinen Thierversuchen ergibt sich, „dass im Stadium des Temperaturanstieges die Wärmeabgabe vermindert ist“ und zwar in dem Maasse, „dass wir daher berechtigt sind, die Temperaturerhöhung in diesen Fällen als Folge der Wärmeretention anzusehen.“

Die calorimetrischen Untersuchungen, welche zur Lösung physiologischer Fragen von Rosenthal am Thiere angestellt wurden, sind durch Rubner[4]) einer Kritik unterzogen, in welcher vor Allem auf die ungenügende Auskunft über die Wärmeabgabe durch

1) Leyden, Untersuchungen über das Fieber. Deutsches Archiv f. klin. Med. Bd. 5 S. 273.

2) Senator, Untersuchungen über den fieberhaften Process und seine Behandlung. Berlin 1873, S. 90.

3) Rosenthal, Die Wärmeproduction im Fieber. Berl. klin. Wochenschrift 1891 No. 32 S. 785. Virchow's Festschrift 1 S. 413, 1891.

4) Rubner, a. a. O. (S. 293, 1a).

Wasserverdunstung hingewiesen wird. Die beiden Arbeiten, in denen Rosenthal Versuche über das experimentell beim Thiere erzeugte Fieber mittheilt, enthalten keine genaueren Angaben über diesen Punkt. Ich sehe daher von einer weiteren Kritik der letzten Mittheilungen Rosenthal's an dieser Stelle ab und verweise auf die Beurtheilung der früheren Versuche durch Rubner.

Auf Grund der partiellen calorimetrischen Untersuchungen, welche am Menschen angestellt wurden, die aber noch nicht als abgeschlossen gelten, gelangte Rosenthal bis jetzt zu folgendem Ergebniss: „Auf der Fieberhöhe ist die Wärmeabgabe grösser als im fieberlosen Zustande der Reconvalescenz.“ „Im Stadium des Fieberanstiegs ist die Wärmeabgabe geringer als auf der Fieberhöhe.“

Senator hat anerkannt, dass die bisherigen Versuche trotz ihrer grossen Zahl einer Lückenhaftigkeit nicht entbehren, „weil sie nicht den gesammten Fieberverlauf umfassen, sondern nur einzelne Zeitabschnitte desselben, und weil vor Allem das Verhalten zur Nachtzeit ganz ausfällt.“ Ich war bemüht, diese Lückenhaftigkeit durch meine Versuche nach Möglichkeit auszufüllen.

Dass diese Arbeit mit grosser Schwierigkeit verknüpft sein muss, wird man erkennen, wenn man den Verlauf der stündlichen Wärmeabgabe mit seinen Schwankungen und Eigenthümlichkeiten in's Auge fasst, wie ihn die einzelnen Thiere in normalem Zustande darbieten.

Nachdem die Kaninchen 24 Stunden im fieberfreien Zustande beobachtet waren, wurde nach der Injection der Rothlauf-Bouillon-Cultur, die gelegentlich nach 12 bis 24 Stunden wiederholt wurde, die Beobachtung bei ununterbrochener Carenz fortgeführt.

Eine längere Beobachtungszeit, als 3½ Tage, war uns nicht möglich durchzuführen.

Die gefundenen Werthe wurden in einzelnen Versuchen dadurch untereinander vergleichbar gemacht, dass sie auf ein Kilo Thier umgerechnet wurden.

Ich habe mich in dem ersten Theil dieser Arbeit ausführlich darüber ausgelassen, dass uns ein absoluter Maassstab für den Vergleich der Wärmeabgabe an mehreren aufeinanderfolgenden Hungertagen fehlt, dass wir vielmehr auf eine Schätzung ange-

wiesen sind. Die Resultate meiner Versuche gestalten sich nun derart, dass Zweifel, wie ich im Einzelnen weiter unten zeigen werde, über die Bedeutung derselben nur in einem Versuch (VI) auftreten können.

Die Herausnahme des Kaninchens aus dem Calorimeter behufs Messung wurde möglichst beschränkt, da, wie ich gezeigt habe, durch diesen Eingriff eine Aenderung in der Wärmeabgabe hervorgerufen wird.[1])

1. Die Gesammtwärmeabgabe an den einzelnen Fiebertagen.

Für die Beurtheilung der Gesammtwärmeabgabe an den einzelnen Fiebertagen stehen mir fünf Versuche zur Verfügung. Die Beobachtung erstreckt sich in vier Fällen auf zwei Fiebertage, in einem Falle nur auf einen Fiebertag. Die Beobachtungszeit umfasst an drei Tagen 23 Stunden, an zwei Tagen 22 Stunden, an einem Tage 19 und an drei Tagen 17 Stunden. Bei der Berechnung der Wärmeabgabe in 24 Stunden wurden für die fehlenden Stunden die für die Tages- und Nachtzeit gesondert berechneten Mittelzahlen eingesetzt.

Ausser den von mir durch directe Calorimetrie gewonnenen Resultaten liegen als eine weitere Vervollkommnung des Materials Versuche von May vor.

May[2]) bestimmte während der Carenz an Kaninchen, welche er ebenfalls durch Rothlauf-Bouilloncultur in den fieberhaften Zustand versetzt hatte, die Gesammt-Calorienproduction auf indirectem Wege. Der Tabelle No. XVII, in welcher ich meine Versuche geordnet habe, lasse ich in Tabelle XVIII eine Zusammenstellung der Versuche May's folgen.

In der Tabelle sind unter dem ersten Tage sowohl die direct erhaltenen Werthe, als auch die auf die mittlere Zimmertemperatur des ersten Fiebertages corrigirten Werthe mitgetheilt. Für einen Grad Aenderung in der Temperatur der umgebenden Luft wurde nach Rubner 2,5 % der Wärmeabgabe in Rechnung gesetzt.

1) Rosenthal gibt an, dass er seine Katzen alle zwei Stunden gemessen habe; von einer besonderen Einwirkung dieses Eingriffes auf die Wärmeabgabe berichtet er nicht.

2) May, a. a. O.

In der letzten Rubrik habe ich die Wärmemenge, welche am Tage vor der Rothlauf-Injection abgegeben wurde, gleich 100 gesetzt und darauf die an den folgenden Tagen erhaltenen Werthe bezogen.

Tabelle XVII.

No. des Versuches		Mittl. Gew. d. Kaninchens	Temperatur d. Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe			Wärmeabgabe pro Kilo und Stunde			Wärme-abgabe auf 100 bezogen
					durch Wasser-verdunstg.	durch Strahlung u. Leitg.	in Summa	durch Wasser-verdunstg.	durch Strahlung und Leitung	in Summa	
II	1. Tag	1787	39,0	17,27	25,07	134,67	159,74	0,585	3,140	3,725	
	1. „	1787	39,0	corrig. auf 17,05	25,08	135,64	160,72	0,585	3,162	3,747	100
	2. „										
	3. „	1590	40,4	17,05	22,87	126,86	149,73	0,5993	3,3237	3,923	104,7
IV	1. „	1703	39,0	19,09	17,65	91,14	108,79	0,432	2,220	2,652	
	1. „	1703	39,0	corrig. auf 18,76	17,75	91,93	109,68	0,434	2,249	2,683	100
	2. „	1625	41,7	18,76	19,17	109,29	128,46	0,491	2,803	3,294	122,7
	3. „	1545	40,5	18,9	18,08	113,64	131,72	0,483	3,061	3,544	132,1
VI	1. „	1673	38,4	19,25	17,57	87,11	104,68	0,438	2,169	2,607	
	1. „	1673	38,4	corrig. auf 20,05	17,19	85,40	102,59	0,429	2,126	2,555	100
	2. „	1606	41,0	20,05	14,94	81,77	96,71	0,3876	2,1214	2,509	98,2
	3. „	1540	40,4	19,78	17,5	85,98	103,48	0,4734	2,3256	2,799	109,6
V	1. „	2187	39,1	20,4	20,13	97,26	117,39	0,383	1,837	2,220	
	1. „	2187	39,1	corrig. auf 19,4	20,63	99,69	120,32	0,3930	1,8990	2,292	100
	2. „	2081	40,6	19,4	20,97	95,80	116,77	0,4198	1,9182	2,338	102,0
	3. „	1978	41,3	19,5	21,05	98,83	119,88	0,4434	2,0816	2,525	110,2
VII	1. „	2327	38,6	17,02	17,60	106,59	124,19	0,315	1,908	2,223	
	1. „	2327	38,6	corrig. auf 17,65	17,33	105,62	122,95	0,310	1,891	2,201	100
	2. „	2229	40,7	17,65	20,62	104,32	124,94	0,3854	1,949	2,335	106,09
	3. „	2139	40,7	18,0	22,52	118,96	141,48	0,4386	2,3174	2,756	125,2

Obgleich die absoluten Werthe im Vergleich mit den Resultaten, die an fieberfreien Tagen gewonnen wurden, zum Theil eine Verminderung der Gesammtwärmeabgabe zeigten, so ergibt sich dennoch bei Berechnung der Mittelwerthe auf ein Kilo Thier und eine Stunde in drei Versuchen (IV, V, VII) während der ersten 24 Stunden nach der Injection eine deutliche Vermehrung der Wärmeabgabe. Während in diesen drei Versuchen auch das Ansteigen der Körpertemperatur

Tabelle XVIII.

Bezeichnung d. Kaninch.	No. des Versuchstages	Gewicht des Kaninch. in g	Temperatur des Kaninchens	Temperatur des Zimmers	Wärmeproduction in 24 Stdn.	Wärmeproduction pro Kilo und Stunde	Wärmeabgabe auf 100 bezogen	Bemerkung
E	1	2480	39,2 39,5	18,5 corrig. auf 18,8	153,64 155,79	2,581 2,616	100	
	2	2378	39,7 41,2	18,8	152,05	2,664	101,83	Rothlauf-Injection
	3	2270	41,2 40,7	19,1	166,37	3,058	116,9	
H	1	3345	39,0 39,6	20,2 corrig. auf 21,3	216 210,1	2,687 2,616		
	2	3230	39,6 39,2	20,3 corrig. auf 21,3	207,5 202,31	2,675 2,608 (2,612)	100	
	3	3124	39,7 41,0	21,3	205,5	2,741	105,1	Rothlauf-Injection
G	1	2838	38,5 38,2	18,3 corrig. auf 19,3	152,66 148,85	2,241 2,183		
	2	2737	38,2 38,6	20,3 corrig. auf 19,3	147,94 150,52	2,25 2,287 (2,235)	100	
	3	2632	38,6 38,6	19,8	145,80	2,308	103,2	Rothlauf-Injection
	4	2522	38,7 40,1	19,0	154,38	2,55	114,1	
	5	2384	40,1 38,1	20,0	164,62	2,879	134,7	

in den ersten 24 Stunden nach der Injection beobachtet wurde, trat die Temperatursteigerung mit gleichzeitiger Steigerung der Wärmeabgabe pro Kilo und Stunde in Versuch II erst am dritten Tage ein.

In Versuch VI verhält sich die Wärmeabgabe am fieberfreien Tage zu der am ersten Fiebertage wie 100 zu 98,2, es ist also eine Herabsetzung der mittleren Wärmeabgabe pro Kilo und Stunde vorhanden. Fraglich muss es bleiben, ob in diesem Falle thatsächlich eine pathologische Verminderung der Wärmeabgabe im Verhältniss zum Normaltage stattgefunden hat; denn der Unterschied ist sehr gering, und es wäre wohl möglich, dass derselbe auf die Abnahme des Gewichts und die damit einhergehende Abnahme der Wärmeproduction zu beziehen wäre.

In den zweiten 24 Stunden nach der ersten Injection finden wir gegenüber dem ersten Fiebertage eine deutliche Steigerung der absoluten Wärmeabgabe in drei Versuchen; in Versuch V ist die Wärmeabgabe am dritten Tage annähernd so gross wie am Normaltage; die Mittelzahlen pro Kilo und Stunde zeigen dagegen in allen Versuchen eine beträchtliche Ssteigerung, wir finden eine Zunahme der Wärmeabgabe von 100 zu 125, selbst zu 132.

Es ist bemerkenswerth,. dass in drei Versuchen (VI, V, VII) während der ersten 24 Stunden nach der Injection, in welchen die Erhöhung der Körpertemperatur stattfand, die Steigerung der Wärmeabgabe bedeutend geringer ist als am zweiten Fiebertage, an welchem zwar auch noch zum Theil eine weitere Steigerung der Körpertemperatur statthatte, zum Theil aber auch wieder ein geringeres Sinken derselben zu beobachten war.

Die Wärmeproduction ist an fast allen Tagen nach der Injection deutlich gesteigert; denn wir haben der in 24 Stunden gemessenen Wärmeabgabe noch diejenige Wärmemenge hinzuzählen, welche der Temperaturerhöhung des Thierkörpers am Ende der 24 Stunden entspricht. Wir berechnen dieselbe aus der specifischen Wärme des Kaninchens (0,8), dem Gewicht am Ende der 24 Stunden und der Erhöhung der Körpertemperatur gegenüber dem fieberfreien Tage. Auf diese Weise finden wir auch, dass in Versuch VI, in welchem die Wärmeabgabe am ersten Fiebertage eine geringe Herabsetzung erfahren hat, die Wärmeproduction selbst eher gesteigert, als vermindert ist. Die gemessene Wärmeabgabe betrug am ersten Fiebertage 96,7 Calorien. Das Kaninchen hat nach Verlauf von 24 Stunden eine Temperatursteigerung um 2,6° erfahren, das Endgewicht betrug 1575 g. Dementsprechend waren in dem Körper des Kaninchens 3,276 Calorien mehr angehäuft als am Normaltage. Die Wärmeproduction belief sich also auf 99,98 Calorien, im Mittel pro Kilo und Stunde 2,594 Calorien gegenüber 2,55 am Normaltage.

May hat in zweien seiner Versuche, die ich zum Vergleich herangezogen habe, durch Bestimmung der Stoffwechselproducte ebenfalls eine Steigerung der Wärmeproduction in den ersten 24 Stunden nach der Injection nachgewiesen. Bei Kaninchen G fand die

Temperatursteigerung zugleich mit einer stärkeren Wärmeproduction, wie in meinem zweiten Versuch, erst am dritten Tage statt. Es liegen somit sieben[1]) einwandsfreie Versuche am Kaninchen vor, in welchen unter gleichzeitigem Ansteigen der Körpertemperatur auch eine deutliche Steigerung der Wärmeproduction innerhalb eines Zeitraums von 24 Stunden nachweisbar war.

Der Antheil, welcher der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung und derjenigen durch Strahlung und Leitung an der Gesammtwärmeabgabe zufällt, ist aus der Tabelle XIX zu ersehen.

Tabelle XIX.

No. des Versuches	Wärmeabgabe am					
	1. Tage		2. Tage		3. Tage	
	durch Wasserverdunstung in %	durch Strahlung u. Leitung in %	durch Wasserverdunstung in %	durch Strahlung u. Leitung in %	durch Wasserverdunstung in %	durch Strahlung u. Leitung in %
II	15,69	84,31			15,2	84,8
IV	16,23	83,77	14,92	85,08	13,72	86,28
VI	16,78	83,22	15,45	84,55	16,93	83,07
V	17,15	82,85	17,89	82,11	17,5	82,5
VII	14,18	85,82	16,49	83,51	15,99	84,01
Mittelzahlen	16,0 %	84,0 %	16,19 %	83,81 %	15,86 %	84,14 %

Man erkennt, dass das Verhältniss zwischen der Wasserverdunstung und der Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung genau das gleiche ist, als an den fieberfreien Tagen. Die Zahlen deuten mit anderen Worten darauf hin, dass die vermehrte Wasserverdunstung an den Fiebertagen im allgemeinen der Vermehrung der Gesammtwärmeproduction entspricht. Es verdient diese Thatsache besonders hervorgehoben zu werden, weil Leyden[2]) aus seinen Wägungen am fiebernden Menschen schliesst, „dass die Wärmeproduction im Fieber auf etwa das doppelte des Normalen steigt, gleichzeitig die Wasserverdunstung entweder gar nicht oder nicht wesentlich gesteigert ist".

Ein bestimmtes Urtheil über die Frage, ob der Gesammtorganismus im Fieber im Verhältniss wasserreicher geworden ist,

---

1) Nur Versuch VI macht eine Ausnahme.

2) Leyden, a. a. O. (S. 325, 1) S. 371.

wie es Leyden mit grosser Wahrscheinlichkeit aus seinen Wägungen am Menschen schliesst, lässt sich aus diesen meinen Zahlen natürlich nicht fällen.

2. Verhältnisse der Wärmeabgabe im Fieber während 12stündlicher Perioden.

Aus den Versuchen an fieberfreien, hungernden Kaninchen ging hervor, dass eine bestimmte Regel für Wärmeabgabe bei Tag und bei Nacht nicht aufzustellen war. Nur fanden wir, dass am Tage die Wasserverdunstung eine beträchtlich grössere war als in der Nacht. Für den fiebernden Organismus dürfen wir um so weniger erwarten, dass der Ablauf der Wärmeabgabe am Tag und während der Nacht sich nach einer bestimmten Regel vollzieht, als durch die Injection des Giftes ein die Wärmeproduction und Wärmeabgabe zeitlich beeinflussendes Moment hinzukommt. Diese Einwirkung tritt unabhängig von Tag und Nacht bald früher, bald später auf. Wir werden daher lediglich von dem Gesichtspunkte aus, den zeitlichen Verlauf des Fiebers näher kennen zu lernen, die Wärmeabgabe in kleineren, 12stündlichen Perioden betrachten, indem wir die 12 Tages- und 12 Nachtstunden gesondert einander gegenüber stellen. Die gefundenen Werthe auf eine bestimmte Temperatur der umgebenden Luft zu corrigiren, wurde in Versuch II, III, IV und VII für überflüssig erachtet. Die Temperaturverhältnisse in Versuch V und VI werden eine besondere Besprechung erfahren.

(Siehe Tabelle XX und XXI auf S. 343 u. 344.)

In Versuch IV und VII konnte bereits in den ersten 12 Stunden nach der Injection mit ansteigender Temperatur eine deutliche Zunahme der mittleren Wärmeabgabe festgestellt werden. In Versuch II trat erst am dritten Tage die Temperatursteigerung ein, zu gleicher Zeit wurde aber auch hier eine geringe Zunahme der Wärmeabgabe beobachtet. In Versuch III ging die Zeit des Temperaturanstiegs, welcher sich in den zweiten 12 Stunden nach der Injection einstellte, leider für die Beobachtung verloren; es machte sich aber bereits in den ersten 12 Stunden nach der Injection eine beträchtliche Steigerung der Wärmeabgabe geltend, obgleich eine Steigerung der Körpertemperatur nicht nachgewiesen wurde.

Tabelle XX.

No. des Versuches	Zeit	Gewicht des Kaninch.	Temp. des Kaninch.	Temp. des Zimmers	Wärmeabgabe durch Wasser-verdunstung	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung	Wärmeabgabe in Summa
II	1. Tag	1808	39,0	16,59	14,72	65,83	80,55
	1. Nacht	1763	38,9	17,94	10,36	68,84	79,20
	2. Tag	1718	39,3	17,82	12,14	65,55	77,69
	2. Nacht		39,0				
	3. Tag	1623	39,5—40,4	16,63	12,97	59,65	72,62
	3. Nacht	1562	40,4	17,83	9,90	67,21	77,11
	4. Tag	1491	40,2—39,8	17,65	14,55	65,22	79,77
III	1. Tag	1956	39,3	17,12	16,14	66,23	82,57
	1. Nacht	1909	39,4	18,11	12,70	70,87	83,57
	2. Tag	1866	39,4	19,7	16,29	71,35	87,64
	2. Nacht						
	3. Tag	1783	41,7	20,2	15,35	73,35	88,70
IV	1. Nacht	1728	39,0	18,61	9,74	46,08	55,82
	1. Tag	1684	39,0	19,45	7,91	45,06	52,97
	2. Nacht	1641	40,8	18,96	9,81	54,32	64,13
	2. Tag	1607	41,7	18,50	9,36	54,98	64,34
	3. Nacht	1577	41,5	19,45	9,16	57,53	66,69
	3. Tag	1525	40,7	18,76	8,92	55,83	64,75
VI	1. Tag	1692	38,3	19,2	10,65	44,32	54,97
	1. Nacht	1655	38,6	19,3	6,92	42,80	49,72
	2. Tag	1621	40,1	20,3	8,76	40,44	49,20
	2. Nacht	1590	41,0	19,8	6,19	41,32	47,51
	3. Tag	1556	41,6	19,9	8,92	43,41	52,33
	3. Nacht	1522	40,6	19,3	8,58	42,58	51,16
	4. Tag	1483	40,0	19,6	10,25	42,70	52,95
V	1. Tag	2216	38,8	20,1	11,33	53,86	65,20
	1. Nacht	2159	39,4	20,6	8,80	43,39	52,19
	2. Tag	2101	39,4	19,84	11,89	49,68	61,57
	2. Nacht	2053	40,6	19,02	9,08	46,13	55,21
	3. Tag	2010	41,4	19,4	8,80	52,77	61,57
	3. Nacht	1955	41,3	19,65	12,25	46,07	58,32
	4. Tag	1902	40,0	19,6	8,47	52,34	60,81
VII	1. Tag	2355	38,6	17,03	8,85	52,38	61,23
	1. Nacht	2299	38,6	17,06	8,76	54,20	62,96
	2. Tag	2258	40,0—39,1	17,40	10,29	51,78	62,07
	2. Nacht	2212	39,4—40,7	17,59	10,33	52,54	62,87
	3. Tag	2160	41,1	18,2	12,13	59,00	71,13
	3. Nacht	2113	41,1	17,81	10,40	59,95	70,35
	4. Tag	2071	40,3	16,6	8,27	56,64	64,91

Tabelle XXI.

No. des Versuches	Zeit	Gewicht des Kaninchens	Temp. des Kaninch.	Temperatur des Zimmers	Wärmeabgabe pro Kilo und Stunde durch Wasser-verdstg.	durch Strahlg. u. Leitg.	in Summa	Wärme-abgabe auf 100 bezogen
II	1. Tag	1808	39,0	16,59	0,6764	3,0366	3,713	100
	1. Nacht	1763	38,9	17,94	0,4854	3,2586	3,744	100
	2. Tag	1718	39,3	17,82	0,5888	3,1812	3,770	101,5
	2. Nacht		39,0					
	3. Tag	1622	39,5—40,4	16,63	0,6667	3,0683	3,735	100,59
	3. Nacht	1580	40,4	17,83	0,5223	3,5447	4,067	108,8
	4. Tag	1491	40,2—39,8	17,65	0,8147	3,6473	4,462	120,4
III	1. Tag	1956	39,3	17,12	0,6886	2,8344	3,523	100
	1. Nacht	1909	39,4	18,11	0,5544	3,0966	3,651	100
	2. Tag	1869	39,4	19,7	0,7278	3,1882	3,916	111,2
	2. Nacht							
	3. Tag	1785	41,7	20,2	0,7172	3,4268	4,144	117,2
IV	1. Nacht	1728	39,0	18,61	0,4686	2,2224	2,691	100
	1. Tag	1684	39,0	19,45	0,3912	2,2247	2,616	100
	2. Nacht	1640	40,8	18,96	0,4987	2,7613	3,260	121,2
	2. Tag	1607	41,7	18,50	0,4858	2,8532	3,339	127,7
	3. Nacht	1577	41,5	19,45	0,4841	3,0409	3,525	131,2
	3. Tag	1525	40,7	18,76	0,4883	2,9657	3,454	131,2
VI	1. Tag	1692	38,3	19,2	0,5244	2,1826	2,707	100
	1. Nacht	1655	38,6	19,3	0,3484	2,1546	2,503	100
	2. Tag	1620	40,1	20,3	0,4521	2,0799	2,532	93,3
	2. Nacht	1589	41,0	19,8	0,3244	2,1676	2,492	99,56
	3. Tag	1555	41,6	19,9	0,4782	2,3258	2,804	103,5
	3. Nacht	1524	40,6	19,3	0,4694	2,3286	2,798	111,7
	4. Tag	1483	40,0	19,6	0,5763	2,3987	2,975	109,9
V	1. Tag	2216	38,8	20,1	0,4262	2,1158	2,542	100
	1. Nacht	2159	39,4	20,6	0,3394	1,6756	2,015	100
	2. Tag	2099	39,4	19,84	0,4710	1,9730	2,444	96,2
	2. Nacht	2053	40,6	19,02	0,3678	1,8742	2,242	111,2
	3. Tag	2008	41,4	19,4	0,3659	2,1881	2,554	100,47
	3. Nacht	1956	41,3	19,65	0,5225	1,9665	2,489	118,5
	4. Tag	1902	40,0	19,6	0,3718	2,2922	2,664	103,5
VII	1. Tag	2355	38,6	17,03	0,3132	1,8548	2,168	100
	1. Nacht	2299	38,6	17,06	0,3176	1,9644	2,282	100
	2. Tag	2253	40,0—39,1	17,40	0,3805	1,9155	2,296	105,9
	2. Nacht	2212	39,4—40,7	17,59	0,3896	1,9457	2,335	102,32
	3. Tag	2160	41,1	18,2	0,4678	2,2762	2,744	126,5
	3. Nacht	2113	41,1	17,81	0,4677	2,3073	2,775	121,6
	4. Tag	2017	40,3	16,6	0,3306	2,3084	2,639	121,73

In Versuch VI ist zweifellos in den ersten 12 Stunden nach der Injection bei steigender Körpertemperatur eine Abnahme der Wärmeabgabe vorhanden. Dieselbe dürfte wohl zum Theil dem Umstande zuzuschreiben sein, dass die umgebende Temperatur am ersten Tage um 1,1° niedriger war als am zweiten Tage. Wäre es gestattet, diesen Unterschied durch eine Correctur (2,5% für 1°) auszugleichen, so würde sich das Verhältniss von 100 zu 93,3 auf 100 zu 96,3 verändern.

In Versuch V wurde bei kaum bemerkenswerther Temperatursteigerung des Kaninchens ebenfalls im Verlaufe der ersten 12 Stunden nach der Injection eine Verminderung der Wärmeabgabe von 100 zu 96,2 wahrgenommen. In diesem Falle würde der Unterschied durch eine Correctur des Werthes auf die Temperatur der umgebenden Luft noch um ein wenig vergrössert werden. Jedoch will es mir scheinen, dass bei diesem Versuche an dem fieberfreien Tage durch Zufall eine verhältnissmässig grosse Wärmeabgabe stattgefunden hat; denn in keinem anderen Versuche zeigt die Zunahme der Wärmeabgabe in 12stündlichen Perioden einen so schwankenden Verlauf wie in diesem. Während nämlich in allen anderen Versuchen ein ziemlich gleichmässiges Ansteigen der Wärmeabgabe stattfindet, bleibt die Wärmeabgabe in Versuch V während der Tagesstunden auffallend gering im Vergleich zu der Wärmeabgabe während der Nachtstunden. Diesen Versuch möchte ich daher für die Tagesstunden nicht als vollgültig in Betracht ziehen.

Während der zweiten 12 Stunden nach der Injection ist in Versuch IV, V, VII unter gleichzeitigem weiteren Steigen der Körpertemperatur eine ausgesprochene Vermehrung der Wärmeabgabe vorhanden. In Versuch VI ist die Wärmeabgabe während der zweiten 12 Stunden nach der Injection der während der ersten 12 Nachtstunden abgegebenen Wärmemenge gleichzusetzen, während zu gleicher Zeit die Körpertemperatur um einen Grad steigt.

Im weiteren Verlauf zeigt sich in allen Versuchen übereinstimmend bis zum vierten Tage, d. h. bis zum dritten Fiebertage, eine beträchtliche Steigerung der Wärmeabgabe. Meistens war in den dritten 12 Nacht- oder vierten

12 Tagesstunden ein geringer Temperaturabfall zu verzeichnen. Eine besondere Steigerung der Wärmeabgabe während dieser Zeit konnte nicht wahrgenommen werden. Dagegen ist die Steigerung der Wärmeabgabe am vierten Tage in Versuch II, zu welcher Zeit ein dem Collaps vergleichbarer Temperaturabfall sich einstellte, eine bemerkenswerthe.

Die Wärmeproduction ist in vier Versuchen, II, III, IV, VII, entsprechend der Steigerung der Wärmeabgabe und der Körpertemperatur bereits zur Zeit des Temperaturanstiegs zweifellos als vermehrt gegenüber der Norm anzunehmen. Auch in Versuch VI ist dieselbe bereits in den ersten 12 Stunden nach der Injection wohl eher als gesteigert, denn vermindert anzusehen. Wenn wir die im Körper des Kaninchens durch Steigerung der eigenen Temperatur aufgespeicherte Wärmemenge (2,31 Calorien) und die durch Differenzen der umgebenden Temperatur bedingte Verminderung der Wärmeabgabe in Rechnung setzen, so würden wir im Mittel eine Wärmeproduction von 2,711 Calorien, gegenüber einer Wärmeproduction von 2,707 Calorien am Normaltage erhalten. Jedoch sei ausdrücklich bemerkt, dass sich in diesem Falle kein unbedingt sicheres Urtheil fällen lässt.

Als bemerkenswerth verdient noch hervorgehoben zu werden, dass auch in der Fieberzeit die Wasserverdunstung während der Nachtstunden im Mittel deutlich geringer ist, als während der Tagesstunden. Es scheint übrigens, dass, je länger der Versuch dauert, eine um so grössere Ausgleichung dieser Erscheinung eintritt. Diese Veränderung der Verhältnisse erklärt sich wahrscheinlich durch den gleichmässig apathischen Zustand, der sich im Verlauf der Erkrankung bei den Thieren allmählich einstellt. Aus der Tabelle XXII ist das Verhältniss der Wasserverdunstung zur Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung zu ersehen.

(Siehe Tabelle XXII auf S. 347.)

8. Stündlicher Verlauf der Wärmeabgabe am fiebernden Kaninchen.

Ich habe gezeigt, dass der stündliche Verlauf der Wärmeabgabe bei normalen Kaninchen grosse Schwankungen aufweist und dass

Tabelle XXII.

No. des Versuches	Wärmeabgabe am 1. Tage: durch Wasserverdunstung in %	1. Tage: durch Strahlung und Leitung in %	2. Tage: durch Wasserverdunstung in %	2. Tage: durch Strahlung und Leitung in %	3. Tage: durch Wasserverdunstung in %	3. Tage: durch Strahlung und Leitung in %	4. Tage: durch Wasserverdunstung in %	4. Tage: durch Strahlung und Leitung in %	Wärmeabgabe während der 1. Nacht: durch Wasserverdunstung in %	1. Nacht: durch Strahlung und Leitung in %	2. Nacht: durch Wasserverdunstung in %	2. Nacht: durch Strahlung und Leitung in %	3. Nacht: durch Wasserverdunstung in %	3. Nacht: durch Strahlung und Leitung in %
II	18,27	81,73	15,62	84,38	17,86	82,14	18,24	81,76	13,08	86,92			12,83	87,17
III	19,54	80,46	18,58	81,42	17,30	82,70			15,19	84,81				
IV	14,93	85,07	14,56	85,44	13,77	86,23			17,45	82,55	15,29	84,71	13,73	86,27
VI	19,44	80,56	17,77	82,23	17,06	82,94	19,35	80,65	13,91	86,09	13,02	86,98	16,77	83,23
V	17,37	82,63	19,31	80,69	14,29	85,71	13,92	86,08	16,86	83,14	16,49	83,51	21,00	79,00
VII	14,45	85,55	16,57	83,43	17,05	82,95	12,70	87,30	13,91	86,09	16,43	83,57	14,78	85,22
Mittelzahlen	17,33	82,67	17,07	82,93	16,22	83,78	16,05	83,95	15,07	84,93	15,3	84,7	15,82	84,18

besonders die Wasserverdunstung durch äussere Eingriffe in hohem Grade verändert werden kann.

Zunächst ist festzustellen, dass während des Fieberanstieges, sowie auf der Höhe des Fiebers nach allen äusseren Eingriffen zum Theil ein Einfluss auf die Gesammtwärmeabgabe, besonders aber auch auf die Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung, ähnlich wie im normalen Zustande beobachtet werden konnte.

Es verdient als bemerkenswerth ferner hervorgehoben zu werden, dass in vier von fünf Versuchen (II., IV., V. und VII.) die Schwankungen der Gesammtwärmeabgabe während des Temperaturanstiegs einen theilweise sehr beträchtlich höheren Grad erreichen, als in der entsprechenden Zeit des Normalversuchs.

Senator[1]) hat, im Anschluss an seine Versuche,

1) Senator, a. a. O. S. 153.

die er am Hunde anstellte, zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass „während des Fieberns beträchtliche Schwankungen der Wärmebildung über und unter die Norm vorkommen können". Er beobachtete ausserdem mit einem Fernrohr die Ohrgefässe von Kaninchen im normalen und fieberhaften Zustande und kam zu dem Schluss, „dass die Verengerung und Erweiterung der Gefässe schon etwa zwei bis drei Stunden nach Beginn des Fiebers stärker als gewöhnlich im gesunden Zustande sind". Senator glaubte damit den Beweis erbracht zu haben, „dass in der That auf der Höhe des Fiebers die Gefässe der Haut weder in lähmungsartiger Erschlaffung, noch in tetanischer Contraction dauernd verharren, sondern sich abwechselnd oft ohne jede erkennbare äussere Veranlassung erweitern und verengern".

Meine calorimetrischen Untersuchungen stehen mit der Beobachtung Senator's in gutem Einklang. Sie beweisen, dass während des Fieberanstiegs eine grössere Labilität der Wärmeabgabe als in der Norm vorhanden ist.

Dabei wurde in zwei Versuchen (Versuch II und V) zur Zeit des Fieberanstiegs vorübergehend während einzelner Stunden eine geringere Wärmeabgabe beobachtet, als diese zuvor an einem Normaltage gefunden wurde. In den übrigen Versuchen wurden die stärkeren Schwankungen durch eine Steigerung der Wärmeabgabe hervorgerufen.

(Siehe Tabelle XXIII auf S. 349.)

III. Wesen des Fiebers.

Während die älteren Autoren[1]) als Ursache der Temperatursteigerung im Fieber eine gesteigerte Oxydation annahmen, vertrat Traube[2]) die Ansicht, dass im Fieber der Wärmeverlust verringert werde, „dieses hat seinen Grund in einer Contraction der kleinen und kleinsten Arterien".

---

1) Vergl. die Litteraturzusammenstellung bei Raabe: Die modernen Fiebertheorien. Gekrönte Preisschrift. Berlin 1894.

2) Traube, Zur Fieberlehre. Ges. Abhandlungen S. 637 u. 679, 1871.

Tabelle XXIII.[1])

No. des Versuches	No. des Versuchstags	Am Tage beobachtete Schwankungen			Während der Nacht beobachtete Schwankungen		
		der Temperatur	der Wärmeabgabe pro Kilo	der Wärmeabgabe auf 100 bezogen	der Temperatur	der Wärmeabgabe pro Kilo	der Wärmeabgabe auf 100 bezogen
II	1	15,2—18,0	3,21—4,01	100—124,9	17,7—18,2	3,57—3,85	100—107,8
	2	17,2—18,5	3,10—4,11	100—132,5			
	3	14,5—18,3	2,68—4,26	100—158,9	17,6—18,2	3,82—4,29	100—112,3
	4	16,7—17,6	4,53—4,81	100—106,18			
III	1	14,9—18,4	2,85—3,82	100—134,03	17,5—18,5	3,47—3,90	100—112,3
	2	18,7—20,4	3,52—4,52	100—128,4			
	3	18,5—22,6	3,75—4,66	100—124,2			
IV	1				17,9—19,1	2,53—2,94	100—116,2
	2	18,2—20,4	2,41—2,86	100—118,6	17,1—20,4	2,55—3,71	100—145,5
	3	17,6—19,2	3,08—3,52	100—114,2	18,6—20,1	3,37—3,77	100—111,8
	4	17,5—19,4	3,15—3,70	100—117,4			
VI	1	17,7—19,7	2,34—3,38	100—144,4	19,1—19,5	2,32—2,86	100—123,2
	2	20,0—20,5	2,18—2,79	100—127,9	19,6—20,1	2,21—2,77	100—125,3
	3	19,8—20,1	2,63—3,24	100—123,6	19,2—19,7	2,64—2,99	100—113,2
	4	19,2—19,8	2,78—3,37	100—121,2			
V	1	19,4—20,4	2,26—2,73	100—120,8	20,0—21,0	1,84—2,36	100—128,2
	2	19,2—20,6	2,32—2,66	100—114,6	18,2—20,1	1,99—3,04	100—152,7
	3	19,0—19,6	2,04—2,91	100—142,6	19,3—20,0	2,00—2,80	100—140,0
	4	19,1—20,2	2,51—2,98	100—118,7			
VII	1	16,3—17,3	1,85—2,46	100—132,9	17,0—17,2	2,10—2,53	100—120,47
	2	17,3—17,7	1,88—2,78	100—147,8	17,8—18,2	1,93—2,82	100—146,1
	3	17,9—18,7	2,28—3,51	100—153,9	17,2—18,1	2,51—2,97	100—118,3
	4	16,6—16,9	2,19—2,87	100—131,05			

Liebermeister[2]) kommt auf Grund der Bestimmung der CO_2-Ausscheidung und der Wärmeabgabe im Bade zu der Ansicht, „dass zum Wesen des Fiebers nothwendig sowohl die höhere Körpertemperatur als auch die Steigerung der Wärmeproduction gehört". „Die Wärmeregulation ist im Fieber auf einen höheren Temperaturgrad eingestellt." „Auch die Regulation der Wärmeproduction nach

1) Die unterstrichenen Zahlen entsprechen der Zeit des Temperaturanstiegs, die in Versuch III für die Beobachtung verloren ging.

2) Liebermeister, Ueber Wärmeregulirung und Fieber. Sammlung klin. Vortr. 1871 No. 19.

dem Wärmeverlust findet bei Kranken ebenso statt wie beim Gesunden", jedoch ist dieselbe beeinträchtigt.

Nach Senator[1]), der sein Urtheil auf die Untersuchungen des Stoffwechsels am fiebernden Menschen und Hunde, sowie auf calorimetrische Messungen am Hunde stützt, hat „die Haut ihre Fähigkeit, die Körpertemperatur durch ihren wechselnden Gehalt an Blut und Wärme zu reguliren, im Fieber nicht verloren; ihre Wirksamkeit wird aber beeinträchtigt dadurch, dass unter dem Einfluss der Fieberursache eine abnorme Erregbarkeit und Reizung ihrer Gefässe eintritt, wodurch diese von Anfang der Fieberentwicklung an zeitweise sich allgemein oder theilweise verengern und dadurch die Ausgleichung des vorhandenen Wärmeüberschusses verhindern".

„Die erhöhte Temperatur im Fieber kommt also zu Stande durch ein Missverhältniss zwischen der abnorm vermehrten Bildung und der nicht in demselben Grade vermehrten Abgabe von Wärme. Dabei kann die Abgabe auf der Höhe des Fiebers immer grösser als normal und zeitweise sogar grösser als die fieberhafte Wärmebildung sein. Das Missverhältniss tritt also nicht in jeder Fieberphase gleich stark hervor und setzt nothwendig ein jeder Fieberhitze vorangehendes, pyrogenetisches Stadium der Anhäufung von Wärme voraus, sowie sie durch ein Defervescenz-Stadium mit gerade umgekehrtem Verhalten beendigt wird."

Claude-Bernard[2]) spricht sich in seinen Vorlesungen während der Jahre 1871—72 dahin aus, dass das Fieber eine Steigerung der physiologischen Verbrennungs-Processe in Folge der Erregung der Nerven sei, welche diese Vorgänge reguliren, „im Besonderen der wärmeerzeugenden Nerven, welche vom Rückenmark entspringen, aber nicht in Folge einer Lähmung der gefässerweiternden Nerven".

Leyden und A. Fränkel[3]) kommen auf Grund ihrer Versuche am Hunde, sowie auf Grund der partiellen calorimetrischen Mess-

1) Senator, a. a. O. S. 167.

2) Claude-Bernard, Vorlesungen über die thierische Wärme. Deutsch von Schuster. Leipzig 1876, S. 379 ff.

3) Leyden u. Fränkel, Ueber den respiratorischen Gasaustausch im Fieber. Virchow's Archiv Bd. 76 S. 136.

ungen am Menschen, welche der erste der beiden Autoren angestellt hat, zu der Ueberzeugung, dass der Organismus das Plus von Wärme, welches er über das zur Erhaltung der Normaltemperatur nöthige Maass erzeugt, in Folge einer durch das Fieber bedingten Aenderung der Wärmeregulation nicht im Stande ist, an die Umgebung loszuwerden.

Finkler[1]) hat sich im Anschluss an seine zahlreichen Bestimmungen der CO_2-Ausscheidungen und O_2-Zehrung am Meerschweinchen die Ansicht gebildet, dass das Fieber eine Neurose, im Wesentlichen eine Erkrankung des die Temperatur regulirenden Nervensystems sei. Dabei nimmt Finkler „eine Steigerung der Oxydation zur Erreichung der fieberhaften Temperaturhöhe, als beim Verweilen auf derselben als Veranlassung an".

In neuerer Zeit hat die Anschauung Traube's durch die Untersuchungen Maragliano's[2]) „eine Erklärung, in manchen Punkten, nämlich der Beziehung der vasculären Erscheinungen zum Frostanfall, eine Berichtigung erfahren". Maragliano untersuchte das Verhalten der Gefässe im Fieber mit Hülfe des Plethysmographen von Mosso. Er fand, „dass die Blutgefässe der Haut sich zu verengern begannen, wenn noch keine Temperatursteigerung wahrnehmbar, dass mit dem Fortschreiten der Gefässcontraction die Temperatur zu steigen anfängt, dass letztere ihren Höhepunkt erreicht zur selben Zeit, als erstere zu ihrem Maximum gelangt; dass ferner dem Sinken der Temperatur die Erweiterung der Blutgefässe vorangeht, und wenn die Dilatation am grössten ist, sehen wir die Temperatur in die Norm zurückkehren".

Maragliano stellte seine Versuche meistens an Patienten mit intermittirendem Fieber (Wechselfieber, Typhus) an, einmal untersuchte er die Gefässe während des Fieberabfalls bei infectiösem Magenkatarrh. Ueber das Verhalten der Gefässe bei continuirlichem Fieber gestatten also die Untersuchungen Maragliano's zunächst noch keinen näheren Schluss zu ziehen. Leider fehlt es uns auch noch, um die Versuche Maragliano's zur Lösung der

1) Finkler, a. a. O. S. 151 ff.

2) Maragliano, Das Verhalten der Blutgefässe im Fieber und bei Antipyrese. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 14 S. 309.

Fieberfrage nachdrücklich verwerthen zu können, an der nöthigen Grundlage, welche uns berechtigte, bestimmte genau zu bemessende Beziehungen zwischen Gesammtwärmeabgabe (inclusive Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung) und dem Verhalten der Gefässe anzunehmen.

Die übrigen von mir citirten Autoren sprechen sich mehr oder weniger gegen die Traube'sche Theorie aus; es wird von allen eine Betheiligung des Nervensystems bei der Entstehung des Fiebers anerkannt, zugleich aber auch eine Steigerung der Wärmeproduction angenommen.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass sich im Verlauf des Fiebers eine Steigerung der Wärmeproduction und der Wärmeabgabe einstellen kann. Die Zunahme der Wasserabgabe kann dabei gleichen Schritt halten mit der Zunahme der Gesammtwärmeproduction. Diese Behauptung wird ausnahmslos und einwandsfrei durch meine Versuche bewiesen.

Meine Resultate lassen sich in Einklang bringen mit den Befunden von Liebermeister, Leyden und Rosenthal, welche bei directer Messung an Menschen die Wärmeabgabe vermehrt fanden. Ferner mit den Resultaten derjenigen Autoren, welche, wenn auch zum Theil nur vorübergehend, eine Vermehrung der CO_2-Ausscheidungen oder eine Vermehrung der CO_2-Ausscheidungen und O_2-Zehrung im Fieber finden. Leyden und Fränkel machten diese Beobachtung am fiebernden Hunde, Colosanti[1]) und Finkler am Meerschweinchen, Lilienfeld[2]) am Kaninchen.

Ebenso fanden Kraus[3]) und Loewy[4]), welche nach der Zuntz-Geppert'schen Methode am fiebernden Menschen Versuche anstellten, bei recentem Fieber eine Steigerung der oxydativen Vorgänge.

---

1) Colosanti, Ueber den Einfluss der umgebenden Temperatur auf den Stoffwechsel. Pflüger's Archiv Bd. 14 S. 125.

2) Lilienfeld, Untersuchungen über den Gaswechsel fiebernder Thiere. Pflüger's Archiv Bd. 32 S. 293, 1883.

3) Kraus, Ueber den respiratorischen Gasaustausch im Fieber. Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 18 S. 160.

4) Loewy, Stoffwechseluntersuchungen im Fieber und bei Lungenaffectionen. Virchow's Archiv Bd. 126 S. 218.

Von Naunyn[1]) und Finkler[2]), welche am Hund, bezüglich am Meerschweinchen, experimentell Fieber erzeugten, wurde beobachtet, dass eine Steigerung des Eiweisszerfalles resp. der Oxydationsvorgänge unter Umständen bereits nachweisbar ist, bevor eine Steigerung der Temperatur durch das Thermometer zu erkennen ist. Aehnliches wurde von mir wahrgenommen.

In Versuch II tritt erst am zweiten Tage nach der Injection dauernde Temperatursteigerung bei dem betreffenden Kaninchen ein. Trotzdem war bereits in den ersten zwölf Stunden nach der Injection eine Steigerung der Wärmeabgabe von 100 zu 100,5 zu beobachten.

In Versuch VII trat die dauernde Temperatursteigerung erst im Verlauf der zweiten zwölf Stunden nach der Injection ein. In den ersten zwölf Stunden wurde indessen schon bei nur vorübergehender Temperatursteigerung eine deutliche Steigerung der Wärmeabgabe von 100 zu 105,9 constatirt.

Auf der anderen Seite scheint es mir nach dem bis jetzt vorliegenden Material nicht ausgeschlossen, dass eine Temperatursteigerung bei annähernd gleichbleibender Wärmeproduction nicht auch allein durch verminderte Wärmeabgabe eintreten könnte.

Für die Möglichkeit eines solchen Vorganges scheint mir das Resultat des Versuchs VI[3]) zu sprechen. Die Wärmeabgabe bleibt in diesem Versuch, nachdem die durch die verschiedenen Zimmertemperaturen bedingten Differenzen ausgeglichen, während der ersten zwölf Stunden nach der Rothlauf-Injection hinter der Wärmeabgabe in den ersten zwölf Stunden des fieberfreien Tages deutlich zurück (96,3 : 100). Dabei stieg die Körpertemperatur von 38,6° auf 40,1°. Rechnet man nun die im Thierkörper angehäufte Wärmemenge, welche zur pathologischen Steigerung der Körpertemperatur geführt hat, der abgegebenen Wärmemenge hinzu, so ergibt sich ein annäherndes Gleichbleiben der Wärmeproduction.

1) Naunyn, Reichert's u. Du Bois' Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870 S. 159 ff.

2) Finkler, a. a. O. S. 143.

3) Vergl. S. 344, 345 u. 358, wie das Sinken der Wärmeabgabe in den ersten beiden Stunden nach der Injection in Versuch II zu deuten ist, muss eine offene Frage bleiben.

Auch bei den experimentellen Untersuchungen Senator's[1]) stellte sich heraus, „dass das Eiterfieber beim Hunde mit der Zurückhaltung der Wärmeabgabe anfängt".

Loewy[2]) fand bei seinen Gaswechselversuchen (Zuntz-Geppert'sches Verfahren) an tuberculösen Menschen, die er durch Tuberculin in den fieberhaften Zustand versetzte, dass eine Steigerung des Sauerstoffverbrauchs im Fieber „nicht in allen, aber doch in den meisten Fällen zu constatiren ist"; „sie ist jedoch eine in ihrer Intensität ziemlich schwankende, durch die Höhe der Körpertemperatur als solche nicht direct bedingte und überhaupt verhältnissmässig nur sehr geringe". Verhältnissmässig hoch ist der Sauerstoffverbrauch, wenn vermehrte Athemanstrengung vorliegt, oder das Stadium incrementi mit raschem Anstieg erfolgt, oder aber wenn sich beides vereint vorfindet.

Kraus[3]) zeigte, dass Fieber am Menschen möglich ist, „ohne dass die oxydativen Processe, gemessen durch die Bestimmungsgrössen des Gaswechsels nach dem Zuntz'schen Verfahren, ersichtlich gesteigert sind". „Ein solches Verhalten zeigen längere Zeit fiebernde, partieller Inanition verfallene Menschen."

Schon die soeben besprochenen Verhältnisse weisen darauf hin, dass die Steigerung der Körpertemperatur im Fieber vorwiegend auf einer Störung der Wärmeregulation beruht.

Für diese Auffassung spricht ferner der Umstand, dass sich auch kleine Thiere trotz ihrer verhältnissmässig grossen Oberfläche nicht der geringen Wärmemengen entledigen können, welche zur fieberhaften Temperatursteigerung führen.

Durch die Untersuchungen, welche Rubner[4]) am Hunde (Gewicht ca. 4,7 kg) ausführte, wissen wir, dass durch die Nahrungszufuhr[5])

---

1) Senator, a. a. O. — 2) Loewy, a. a. O. — 3) Kraus, a. a. O.

4) Rubner, a. a. O. (S. 321) S. 285 u. 200 ff.; Schwankungen der Luftfeuchtigkeit bei hohen Temperaturen in ihrem Einfluss auf den thierischen Organismus. Archiv f. Hygiene Bd. 16 S. 101.

5) Von Leyden und Fränkel wurde bereits in gleichem Sinne auf die vermehrte CO_2-Ausscheidung nach Nahrungszufuhr (Pettenkofer und Voit) hingewiesen; a. a. O. S. 181.

die Wärmeabgabe bei gleichbleibender Aussentemperatur in hohem Maasse gesteigert wird. Rubner's Hund zeigte eine Zunahme der Wärmeabgabe im Hunger und bei Nahrungszufuhr von 100 zu 141,6 und 100 zu 142. Bei hoher Umgebungstemperatur (35°) und einer Nahrungszufuhr (Speck), durch welche annähernd Körpergleichgewicht erzielt wurde, war der Hund im Stande, auf dem Wege der Wasserverdunstung durch vermehrte Athmung eine derartige Wärmemenge abzugeben, dass seine Körpertemperatur nicht gesteigert wurde. Trotz Zunahme der Luftfeuchtigkeit von 9,3 % auf 30,0 % blieb die Wasserverdunstung gleich gross. Es wurden durch Strahlung und Leitung nur 39 %, durch Wasserverdunstung 71 % Wärme abgegeben. Die erhöhte Athemarbeit drückte sich bei zunehmender Feuchtigkeit durch Steigerung der Gesammtwärmeproduction aus.

Wenn man in Anbetracht solcher Zahlen bedenkt, dass sich ein Kaninchen im Fieber nicht der verhältnissmässig geringen Wärmemenge zu entledigen vermag, um die Steigerung seiner Körpertemperatur zu vermeiden, so spricht dieser Umstand unbedingt für eine Störung der Wärmeregulation, und zwar in dem Sinne, dass für den Organismus die Möglichkeit verloren gegangen ist, seine Körpertemperatur auf dem Grad, der ihm unter normalen Verhältnissen, d. h. bei normal functionirender Regulation, eigenthümlich ist, zu erhalten.

Liebermeister spricht sich dahin aus, dass die Regulation im Fieber auf einen höheren Grad eingestellt ist. Wenn wir an dieser Vorstellung festhalten, so erfolgt die Einstellung des Organismus auf diesen höheren Grad während des Temperaturanstiegs. Die grösseren Schwankungen der Wärmeabgabe, welche während dieser Zeit von Senator und mir beobachtet wurden, wären alsdann dahin zu deuten, dass der Organismus den Wirkungen des Fieber erregenden Agens bald mehr nachgibt, bald mehr entgegenarbeitet, bis er sich der Wirkung schliesslich vollständig unterwirft.

Mit diesem Zeitpunkt, dem Eintritt der constanteren Temperatur und der gleichmässigeren Wärmeabgabe, werden die Schwankungen geringer.

Als Beweis für die Anschauung, dass auch im Fieber eine Regulation der Wärmeproduction nach dem Wärmeverlust besteht, wenn auch nicht ganz so vollständig und prompt als in der Norm, diente für Liebermeister besonders die Beobachtung, dass sich der fiebernde Mensch im kalten Bade leichter abkühlt, als der nichtfiebernde, und dass die hohe Temperatur sich im Verlauf einiger Zeit alsbald wieder herstellt.

Meine Versuche am Kaninchen zeigen, dass mit steigender Wärmeproduction auch die Wärmeabgabe steigt. Eine Steigerung der Körpertemperatur über eine gewisse Höhe findet nie statt, obgleich die Wärmeproduction, wie die Wärmeabgabe zeigt, höhere Körpertemperatur herbeizuführen ausreichend gewesen wäre. Ein Todesfall, der auf eine Steigerung der Temperatur zubeziehen wäre, wurde nicht beobachtet. Aber auch sonst finden wir in meinen Versuchen Zeichen einer noch bestehenden Regulation während des Fiebers.

Die Wasserverdunstung nimmt bald zu, bald ab, indem sie die Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitüng bald mehr, bald weniger vertritt. Auch der umgebenden Temperatur ist ein gewisser Einfluss auf Wärmeabgabe wohl nicht abzusprechen, wenn wir auch zur Zeit bei so geringen Temperaturschwankungen, wie sie in meinen Versuchen vorkommen, die Wirkungen im Einzelnen noch nicht überblicken. Ob auch die grössere Ventilation im Fieber eine Gegenregulation hervorruft, ist durch meine Versuche zwar nicht mit Bestimmtheit entschieden worden, jedoch scheinen die Resultate für eine solche Annahme zu sprechen. Es muss die Klarstellung dieser beiden Punkte weiteren Versuchen überlassen bleiben, ebenso die Beantwortung der Frage, inwieweit beim experimentell erzeugten Fieber der Kaninchen die Wärmeregulation, die wir als bestehend annehmen zu dürfen glauben, eine Beeinträchtigung erfahren hat.

Ueber die Art der Störung und den Angriffspunkt des Gifts, welches das Fieber hervorruft, hielt Liebermeister mit seinem Urtheil zurück. Dagegen finden wir bei anderen Autoren, so bei Dubczanski und Naunyn[1]), Finkler[2]), Claude Bernard[3])

1) v. Dubczanki und B. Naunyn, Beiträge zur Lehre von der fieberhaften Temperaturerhöhung. Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmak. Bd. 1.

2) a. a. O. 3) a. a. O.

Hypothesen, welche sich auf die Annahme von Wärmecentren stützen, oder auch auf die Annahme von Nervenfasern, welche im Rückenmark verlaufen und welche einen regulirenden Einfluss auf die Wärmeproduction ausüben.

Naunyn und Quincke[1]) wiesen nach:

1. „Dass auch bei kleineren Thieren (kleineren oder mittelgrossen Hunden) Rückenmarksquetschung im unteren Halstheil constant nicht Sinken, sondern sogar sehr bedeutende Steigerung der Körpertemperatur bewirkt, wenn die Wärmeabgabe durch Einführung der Thiere in einen warmen Raum gehemmt wird, in welchem, wie Controllversuche zeigten, Thiere mit normalem Rückenmark sich viele Stunden aufhalten konnten, ohne eine Steigerung ihrer Körpertemperatur zu erfahren."

2. „Dass sich das Gleiche, das Steigen der Körpertemperatur der Thiere, nach einer Operation ebenso constant auch ohne Anwendung einer künstlichen Erwärmung bei einer mittleren Temperatur der Atmosphäre dann einstellt, wenn die Thiere so ausgewählt werden, dass bei ihnen an und für sich die (unter a) angeführten, für das Ueberwiegen der Wärmeproduction günstigen Bedingungen erfüllt sind, d. h. wenn man den Versuch möglichst an grossen Thieren (recht grossen Hunden) anstellt."

„Hieraus schlossen Naunyn und Quincke, dass im Rückenmarke neben den Fasern, welche einen regulirenden Einfluss auf die Wärmeabgabe bewirken, auch solche Nervenfasern verlaufen, die einen regulirenden (hemmenden) Einfluss auf die Wärmebildung vermitteln; lediglich so sei die trotz der gesteigerten Wärmeabgabe unter den angeführten Bedingungen nach der Rückenmarkdurchschneidung constant auftretende Steigerung der Körpertemperatur zu erklären."

Doubczanski und Naunyn glauben dann die Resultate der Fieberversuche wie auch diejenigen nach Rückenmarkdurchschneidung zurückführen zu können auf einen lähmungsartigen Zustand gewisser Theile des Centralnervensystems, wodurch gleichzeitig eine Steigerung der Wärmeabgabe gerade so gut, wie eine Steigerung der Wärmebildung bedingt wird.

1) Naunyn u. Quincke, Ueber den Einfluss des Centralnervensystems auf die Wärmebildung. Reichert's u. Du Bois-Reymond's Archiv 1869.

Durch die Versuche von Naunyn und Quincke schien mir der Beweis, dass nach Durchtrennung des Rückenmarks neben der Wärmeabgabe auch die Wärmeproduction gesteigert sei, nicht vollständig erbracht, da eine genaue Messung der Wärmeabgabe nicht stattfand.

Ich habe daher bei Kaninchen, welchen ich das Rückenmark in der Höhe des sechsten und siebenten processus spinosus durchschnitten habe, mit dem Rubner'schen Calorimeter die Wärmeabgabe direct gemessen. Die Resultate habe ich in Tabelle XXIV zusammengestellt.

(Siehe diese Tabelle auf S. 359.)

Durch die directe Messung wurde gefunden, dass bei einem Kaninchen (Vers. I), dem das Rückenmark in der Höhe des sechsten bis siebenten processus spinosus cervic. durchschnitten ist, die Wärmeabgabe und Wärmeproduction nicht nur nicht vermehrt zu sein braucht, sondern fast dauernd von Stunde zu Stunde abnimmt und bei Eintreten des Todes bis auf ein Minimum gesunken ist.

In Versuch II wurde dem Kaninchen drei Stunden nach der Durchschneidung des Rückenmarks Rothlauf-Bouillon-Cultur in die Ohrvene injicirt. Eine Aenderung im Verlaufe des Temperaturabfalls war nicht bemerkbar, vorübergehend wurde aber in den Stunden von 4 bis 1 Uhr (7. XI) ein geringes Wiederansteigen der Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung beobachtet. Ob diese vorübergehende, geringe Steigerung von der Injection des Giftes abhängig zu machen ist, müssten weitere Versuche zeigen.

Durch meine Versuche wird somit die Vermuthung Liebermeisters[1]), dass die Wärmeregulation nach Durchtrennung des Rückenmarks aufgehört zu haben scheint, bis zu einem gewissen Grade bestätigt.

Ich schliesse aus meinen Versuchen, dass nach Durchtrennung des Rückenmarks in der Höhe des sechsten und siebenten processus spinosus cervic. die Wärmeregulation beim Kaninchen eine Beeinträch-

1) Liebermeister, a. a. O. (S. 349) S. 127.

Tabelle[1]) XXIV. Versuch I.

Datum	Stunde	Gewicht des Kaninchens	Temperatur d. Kaninch.	Temperatur des Zimmers	Ausschläge des Spiromet.	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung: an das Calorimeter	Wärmeabgabe durch Strahlung und Leitung: an die Ventilationsluft	Wärmeabgab. drch. Wasserverdunstung	Gesammtwärmeabgabe in Calorien	Bemerkungen
1. XI.	Morgens 7^{35}—8^{35}	1625	35,3	16,9	240	2,774	0,6931	1,229	4,696	7 h 20 bis 7 h 35 Operat.: Rückenmark zwischen VI. bis VII. proc. spin. cervic. durchschnitten Unmittelbar nach der Operation wird Kaninchen in das Calorimeter gebracht.
	8^{35}—9^{35}			16,8	253	2,954	0,6264	0,715	4,295	
	9^{35}—10^{35}			16,8	238	2,746	0,623	0,3702	3,739	
	10^{35}—11^{35}			16,8	225	2,570	0,6138	0,2124	3,396	
	11^{35}—12^{35}			16,8	210	2,370	0,5191	0,1254	3,014	
	12^{35}—1^{35}			16,9	203	2,279	0,5163	0,0642	2,859	
	1^{35}—2^{35}		27,5	16,7	198		0,4791	0,1140		
	2^{35}—3^{35}			16,9	181		0,3996	0,0924		
	3^{35}—4^{35}			16,8	176		0,3532	0,0870		
	4^{35}—5^{35}			17,3	148		0,3164	0,042		
	5^{35}—6^{35}			17,9	129		0,3251	nicht nachweisbar		
	6^{35}—7^{35}		23,7	18,1	128		0,3438	0,0498		
	7^{35}—8^{35}			18,4	125		0,3395	0,0252		Ventilation pro Stunde im Mittel 840 l.
	8^{35}—9^{35}			18,6	121		0,3224	0,0288		
	9^{35}—10^{35}			18,7	116		0,326	0,0588		
	10^{35}—11^{35}		24,3	18,6	128		0,328	nicht nachweisbar		
	11^{35}—12^{35}			18,6	110		0,322	„		
2. XI.	Morgens 8—9		22,0	16,9	66		0,1675	0,0216		
	9—10			16,9	75		0,1656	0,0198		
	10—11			16,9	67		0,1656	0,0216		
	11—12			17,1	60		0,1427	0,0192		Kaninchen stirbt 9 h 30 Abds. Section ergibt vollständige Durchtrennung des Rückenmarks.
	12—1			17,4	50		0,1173	0,0174		
	1—2			17,2	53		0,1331	nicht nachweisbar		
	2—3		20,7	17,2	50		0,1231	„		
	6—7			17,1	38		0,1297	„		
				Versuch II.						
6. XI.	Nachm. 2^{45}—3^{45}	1411	35,3	15,3	268	3,165	0,6498	0,349	4,163	2 h 20 bis 2 h 45 Operation: Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des VI. bis VII. proc. spin. cervic. Unmittelbar nach der Operation wird Kaninchen in das Calorimeter gebracht.
	3^{45}—4^{45}			15,2	270	3,194	0,6148	0,275	4,085	
	4^{45}—5^{45}		29,3	16,0	205	2,306	0,4868	0,129	2,921	
	5^{45}—6^{45}									
	6^{45}—7^{45}			16,6	150		0,3556	0,399		
	7^{45}—8^{45}			16,9	131		0,3210	0,191		
	8^{45}—9^{45}			17,4	103		0,3719	0,0211		
	9^{45}—10^{45}			17,9	83		0,3981	0,0255		
	10^{45}—11^{45}			18,4	68		0,355	nicht nachweisbar		
	11^{45}—12^{45}			18,7	57		0,3546	„		
7. XI.	12—1			19,0	45		0,3542	„		
	1—2			19,3	34		0,3323	„		
	2—3		26,2	19,5	29		0,3281	„		Ventilation pro Stunde im Mittel 815 l.
	3—4			19,8	27		0,3818	0,0294		
	4—5			19,8	30		0,3338	nicht nachweisbar		
	5—6			19,5	52		0,3301	„		
	6—7			19,2	54		0,2814	„		
	7—8			18,5	85		0,3171	„		
	8—9			18,3	72		0,3194	„		
	12—1		23,3	17,2	66		0,2596	„		
	4—5			16,9	19		0,1367	„		Kaninchen stirbt 11 h Abs. Section ergibt vollständige Durchtrenng. des Rückenmarks.
	5—6			17,4	—		0,1399	0,0193		
	6—7		22,9	17,4			0,1651	nicht nachweisbar		
	9—10		22,6							

1) Die Aichungswerthe der Spirometerausschläge unterhalb 200° standen mir nicht zur Verfügung. Die Berechnung der absoluten Calorienwerthe war daher in diesen beiden Versuchen nur in beschränktem Maasse möglich.

tigung erfahren hat, und zwar sind die Thiere nicht in der Lage, einer Abkühlung des Körpers oder einer Ueberhitzung desselben in dem gleichen Grade wie bei intactem Rückenmark vorzubeugen, sei es nun, dass die Ueberhitzung spontan erfolgt wie bei grossen Thieren oder durch eine künstliche Beschränkung der Wärmeabgabe.

Ich würde mich zuweit auf den Boden der Hypothese begeben, wenn ich weitere Schlüsse aus meinen Versuchen ziehen wollte. Die Folgerungen, welche man bisher aus den Erscheinungen nach Durchschneidung und Quetschung des Rückenmarks zu ziehen geneigt war, scheinen mir indessen eine bemerkenswerthe Einschränkung erfahren zu müssen.

Aronsohn und Sachs[1]) sind geneigt, den Zustand, in welchen Kaninchen nach einem gelungenen Einstich in das corpus striatum gerathen, als einen fieberhaften zu bezeichnen. Dieser Zustand geht einher mit anhaltender Temperatursteigerung und vermehrter Respiration und Pulsfrequenz. Sie zeigten ferner, „dass bei der durch Einstich erzeugten Temperatursteigerung, ebenso wie beim gewöhnlichen Fieber, jedesmal eine erheblichere Steigerung des Eiweisszerfalls stattfindet."

Die Entdeckung von Aronsohn und Sachs schien geeignet, in der That Anhaltspunkte für die Localisation gewisser Wärmecentren bringen zu sollen. Alsbald zeigte jedoch Mosso[2]) durch zahlreiche Versuche, die er über die Localisation von Wärmecentren im Gehirn des Hundes mit negativem Erfolg anstellte, dass eine Verallgemeinerung des Befundes von Aronsohn und Sachs nicht statthaft sei. Er hofft, den Beweis geliefert zu haben, „dass für die Annahme von Centren im Gehirn, von denen die Erhöhung der Körpertemperatur abhängt, die thatsächliche Grundlage fehlt" [3]).

Es ist nicht in Abrede zu stellen, dass trotzdem die Symptome, welche nach dem Wärmestich bei Kaninchen auftreten, einen Ver-

1) Aronsohn u. Sachs, Die Beziehungen des Gehirns zur Körperwärme und zum Fieber, S. 232. Pflüger's Archiv Bd. 37.

2) Mosso, Die Lehre vom Fieber in Bezug auf die centralen Wärmecentren. Archiv f. experim. Pathol. und Pharmok. Bd. 26 S. 316.

3) Vergl. bei Mosso die Litteraturangaben über die Lehre von den Wärmecentren. Archiv f. experim. Pathol. u. Pharmak. Bd. 26 S. 321.

gleich des erzielten Zustands mit dem Fieber geradezu herausfordern.

Gottlieb[1]) und Richter[2]) führten calorimetrische Messungen am Kaninchen aus, bei denen durch Verletzung des corpus striatum Steigerung der Körpertemperatur erzielt worden war. Während des Anstiegs der Temperatur wurde eine Verminderung der Wärmeabgabe beobachtet, später stieg die Wärmeproduction.

Aus dieser Beobachtung hat man die Berechtigung entnehmen zu können geglaubt, die Temperatursteigerung nach Wärmestich dem fieberhaften Zustand zu vergleichen.

May[3]) ist der Ansicht, dass die Steigerung der Oxydation im Fieber auf eine primäre Reizung der Temperaturcentren durch die Toxine herbeigeführt werde, indem er auf die Versuche von Aronsohn und Sachs und ausserdem auf die Versuche von Gottlieb verweist.

Anderseits schloss man, indem man den Zustand nach Wärmestich als Fieber betrachtete (von Noorden[4]), dass Fieber mit Wärmeretention beginnt.

Die Versuche von Aronsohn und Sachs auf der einen Seite und die von Gottlieb auf der anderen Seite dürfen aber bisher wie ich glaube, noch nicht endgültig in einen solchen Zusammenhang zum Fieber gebracht werden.

Gottlieb[5]), ebenso auch Richter lässt es bei seinen calorimetrischen Versuchen an der nothwendigen Berücksichtigung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung fehlen. Dieser Weg der Wärmeabgabe scheint mir aber bei diesen Versuchen um so beachtenswerther, als die Thiere durch die Operation einem sehr schweren Eingriff ausgesetzt waren, nach welchem notorisch die Respiration beschleunigt sein soll (Aronsohn und Sachs).

1) Gottlieb, Calorimetrische Untersuchungen über die Wirkungsweise des Chinins und Antipyrins. Arch. f. experim. Pathol. u. Pharm. Bd. 28 S. 167.

2) Richter, Experimentaluntersuchungen über Antipyrese und Pyrese, nervöse und künstliche Hyperthermie. Virchow's Archiv Bd. 123 S. 118.

3) May, a. a. O. S. 68 u. 70.

4) v. Noorden, Lehrbuch der Pathologie des Stoffwechsels, S. 189.

5) Gottlieb stellte seine Versuche im hygienischen Institut zu Marburg an. Die Versuche über die Bedeutung der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung waren damals noch nicht soweit gefördert, dass Gottlieb dieselben gebührend berücksichtigen konnte.

Richter fand im Thermostaten, „dass gegen Abkühlung sich das trepanirte Thier nicht zu wehren beginnt, wenn seine Temperatur bis unter die Norm erniedrigt ist, und dass die trepanirten Thiere der Erhöhung ihrer Temperatur gar keinen Widerstand entgegensetzen", während das fiebernde Thier sowohl der Erhöhung als auch der Abkühlung seiner Temperatur früher durch Gegenregulation einen Widerstand entgegensetzte. Richter glaubt somit einen fundamentalen Unterschied zwischen einem fiebernden Thier und einem Kaninchen, bei welchem der Wärmestich ausgeführt ist, festgestellt zu haben.

Es scheint mir nach alledem auch heute noch verfrüht, über das Wesen des Fiebers Hypothesen aufzustellen, die sich auf Annahme bestimmter Wärmecentren stützen.

Wir müssen uns vielmehr unter Berücksichtigung der neueren Arbeiten auf dem Gebiete der thierischen Wärme und auf Grund unserer eigenen Versuche damit begnügen, von neuem zu betonen, dass die Steigerung der Körpertemperatur im Fieber zu Stande kommt durch eine Störung der Wärmeregulation.

Des weiteren veranlassen mich die Resultate meiner Versuche zur Aufstellung folgender Schlusssätze:

1. Während des Fiebers kann eine Steigerung der Wärmeproduction und der Wärmeabgabe stattfinden.

2. Die Möglichkeit, dass Steigerung der Körpertemperatur im Fieber ohne Vermehrung der Wärmeproduction zu Stande kommen kann, ist nicht ausgeschlossen, wenngleich der einwandsfreie Beweis, dass Fieber allein durch Wärmeretention entstehen kann, noch nicht erbracht ist.

3. Während des Fieberanstiegs kann man grössere Schwankungen der stündlichen Wärmeabgabe beobachten, als im fieberfreien Zustande.

4. Bei einer Steigerung der Gesammtwärmeabgabe im Fieber (beim Kaninchen) bleibt das Verhältniss zwischen Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung und Wärmeabgabe durch Leitung und Strahlung annähernd das gleiche wie im fieberfreien Zustande.

5. Die Beeinflussung der Wärmeabgabe durch äussere Eingriffe wird im Fieber in ähnlicher Weise beobachtet, wie im fieberfreien Zustande.

6. Eine gewisse Regulation der Wärmeabgabe im Fieber scheint zu bestehen.

7. Nach Durchschneidung des Rückenmarks in der Höhe des sechsten bis siebenten processus spinosus cervic. (beim Kaninchen) kann man eine dauernde Abnahme der Wärmeabgabe und Wärmeproduction beobachten.

8. Nach Durchschneidung des Rückenmarks in der angegebenen Höhe hat die Wärmeregulation insoweit eine Beeinträchtigung erfahren, als die Thiere weder in der Lage sind, einer Abkühlung des Körpers noch einer Ueberhitzung desselben durch künstliche Beschränkung der Wärmeabgabe in dem Grade vorzubeugen, wie sie es bei intactem Rückenmark zu thun im Stande sein würden.

Ueber den Wärmewerth der Bestandtheile der Nahrungsmittel.

Von

F. Stohmann.

Einleitung.

Zur Erhaltung des Lebens im weitesten Sinne, sowohl des Lebens der Pflanze, wie des der Thiere, ist eine regelmässige Zufuhr von Materie, die wir als Nahrung bezeichnen, erforderlich. Diese dient theils dem Aufbau des Körpers, als Ersatz des dem Stoffwechsel verfallenden Theiles seiner Organe, grossentheils aber zur Lieferung der das Leben bedingenden Kraft oder Energie, sei es, dass diese die Form der lebendigen Kraft, der Wärme, annehme oder sich in elektrischen Vorgängen kundgebe. Die Nahrungsaufnahme erfolgt daher vorzugsweise, um dem Körper die zum Leben nöthige Kraft zu liefern.

In letzterer Beziehung findet ein scheinbar fundamentaler Unterschied zwischen dem Leben der Pflanzen und dem der Thiere statt. Wenn die Pflanze ihren Körper aus Kohlensäure, Wasser, Salpetersäure und gewissen Salzen aufbauen kann, und wenn man demnach diese Stoffe als Nahrung, als Nährstoffe der Pflanze betrachtet, so können sie der Pflanze keine Energie zuführen und sind daher, wenn die dem Leben erforderliche Kraft durch die Nahrung geliefert werden muss, im strengen Sinne nicht als Nahrung aufzufassen. Hierzu werden sie erst, nachdem sie im Chlorophyllapparate der Pflanzen, durch die dem betreffenden Organe durch

die Licht- und Wärmestrahlen der Sonne zugeführte Kraft, in mit Energie beladene organische Substanz verwandelt worden sind.

Erst diese ist befähigt, der Pflanze die derselben in gleichem Maasse wie dem Thiere nöthige Energie zu liefern, und es lebt daher die Pflanze nicht von Kohlensäure, Wasser u. s. w., sondern von der organischen Substanz, welche durch die Kraft der Lichtstrahlen in einem vielen Pflanzen eigenthümlichen, anderen fehlenden Organe erzeugt worden ist.

Allen solchen Pflanzen, denen jenes Organ fehlt, ist Kohlensäure, Wasser u. s. w. als Nährmaterial bedeutungslos. Solche Pflanzen sind nicht im Stande, diese Stoffe zu verwerthen, sie müssen, um ihren Körper aufbauen, um die Functionen des Lebens vollziehen zu können, organische, Energie zuführende Materie aufnehmen.

Kohlensäure, Wasser u. s. w. sind daher nicht Nahrung der Pflanzen, sondern sind nur Bildungsmaterial, aus welchem gewisse Pflanzen Nahrung zu bereiten vermögen.

Aber selbst die Pflanzen, welchen die Befähigung der Umwandlung der Kohlensäure, des Wassers u. s. w. zukommt, sind hierzu auch nur befähigt, sobald zwei Bedingungen erfüllt sind. Es muss der Chlorophyllapparat vorhanden sein; und es muss dieser von Licht- und von Wärmestrahlen von bestimmter Intensität getroffen werden.

Während des ganzen Keimungsactes, während der Bildung der ersten neuen Organe, leben diese Pflanzen nicht von Kohlensäure und Wasser, sondern von der organischen Substanz, welche im Samenkorn aufgespeichert ist. Diese liefert nicht allein das Material, aus dessen Umwandlung die anderen Organe entstehen, sondern auch die Energie, deren jedes Wesen vom ersten Augenblicke des Beginnes des Lebens bedarf. Die von der organischen Substanz des Samens gelieferte Energie nimmt die Form der Wärme an, sie liefert die bedeutende Menge von lebendiger Kraft, deren die junge Pflanze zur Ueberwindung der sich ihr darbietenden Widerstände bedarf. Welch hoher Kraftaufwand muss von dem zarten Keimpflänzchen aufgeboten werden, um die dasselbe belastenden Bodentheile zu verschieben, um sich zum Lichte hindurchzuarbeiten!

Ist dieses erreicht, wird aber die junge Pflanze dem Lichte fern gehalten, oder findet sie nicht eine genügende Menge von Wärme, so fährt sie allerdings fort zu wachsen, ohne dass ihr jedoch von der vielleicht in reichlicher Menge vorhandenen Kohlensäure u. s. w. irgend welcher Vortheil entstände. Ihr Wachsthum, ihre Kraftäusserungen vollziehen sich auf Kosten der im Samen vorhandenen organischen Substanz, und dieser Zustand dauert so lange, bis der Vorrath der die Nahrung bildenden organischen Substanz verbraucht ist.

Auch für die mit dem Chlorophyllapparate versehene, ausgewachsene Pflanze ist die Gegenwart der Kohlensäure u. s. w. nur so lange von Bedeutung, als die Bedingungen, welche zur Umwandlung derselben erforderlich sind, obwalten. Sobald das Sonnenlicht fehlt, wird keine neue organische Substanz gebildet. Die Pflanze lebt, wächst, athmet während der Nacht aber ebenso energisch, vielleicht energischer noch, als am Tage. Sie wächst, athmet, lebt während der Nacht gerade so gut wie am Tage von organischer, Energie zuführender Substanz.

Wir müssen daher die Ernährungsbedingungen der grünen und der nicht grünen Pflanzen als wesentlich gleich betrachten, und es unterscheiden sich die grünen von den nicht grünen nur dadurch, dass erstere ein Organ besitzen, durch welches sie befähigt sind, die von der Sonne ihnen zufliessende Kraft zu verwerthen, indem sie dieselbe verwenden, um Kohlensäure zu zersetzen und in organische Substanz zu verwandeln, die dann ihrerseits zu ihrer Ernährung, sowie zu der anderer Lebewesen dienen kann, insofern ein grosser Theil der Sonnenenergie in der neugebildeten organischen Substanz aufgespeichert wird.

Ebenso wie demnach alle Pflanzen von organischer Substanz leben, sei es, dass sie dieselbe selbst produciren, sei es, dass sie ihnen von anderen Pflanzen zugeführt werde, so leben auch die Thiere von organischer Substanz. Die Pflanzenfresser leben von der organischen Substanz, welche die grüne Pflanze producirt hat, die Fleischfresser von derjenigen, welche im Körper der ihnen zur Beute fallenden pflanzenfressenden Thiere angesammelt ist.

So wenig wie daher eine fundamentale Verschiedenheit in der Ernährung der grünen und der nicht grünen Pflanzen stattfindet, so ist auch solche zwischen Pflanzen- und Thierleben nicht vorhanden.

Auch die Lebensbedingungen sind im Thierreiche denen des Pflanzenreiches gleich. Die nicht grüne Pflanze geht zu Grunde, wenn sie nicht die zur Erfüllung ihrer Lebensbedingungen erforderliche Menge Energie in Form von organischer Substanz vorfindet. Unter gleichen Bedingungen verfällt das Thier dem Hungertode. Die Keimpflanze lebt nur so lange, wie der Vorrath der im Samen vorhandenen Reservestoffe reicht, wenn die Ausbildung und das Functioniren des Chlorophyllapparates künstlich unterdrückt wird. Die grünblättrige Pflanze vermehrt ihr Gewicht, speichert Material in ihren Geweben, in ihren Organen auf, bildet neue Gewebe, neue Organe, wenn die Bedingungen erfüllt sind, unter denen sie mehr organische Substanz erzeugen kann, als sie zu ihrem blossen Bestehen bedarf. Wird dem Thiere in seiner Nahrung mehr organische Substanz zugeführt, als es zum Aufwande seiner Kraftleistungen, seien diese Wärme- oder Production von lebendiger Kraft, bedarf, so speichert es diesen Ueberschuss von organischer Substanz im Körper in Form von Fett auf, ebenso wie die Pflanze unter gleichen Bedingungen Stärkemehl, Zucker, Fett in ihren Organen als Reservestoffe ablagert.

Wenn somit auf das Vorhandensein der organischen Substanz bei den Lebensvorgängen der Pflanzen wie der Thiere das Schwergewicht gelegt ist, so soll damit selbstverständlich auf keine Weise der Bedeutung der anorganischen Stoffe entgegengetreten werden. So wenig eine Pflanze ohne Gegenwart der Salze im Stande ist, organische Substanz zu erzeugen, so wenig vermag ein Thier ohne dieselben zu existiren. Es ist das so selbstverständlich, dass nur, um jede Missdeutung auszuschliessen, darauf hingewiesen sei.

Da die organische Substanz bei ihrem Verbrauch im Thierkörper zum ganz überwiegenden, im Pflanzenkörper zum grossen Theil ihrer Masse dazu dient, diese Lebewesen mit der ihnen erforderlichen Energie zu versehen, so ist die Ermittelung des in ihrer Verbrennungswärme einen Ausdruck findenden Energiegehaltes

von grösster Wichtigkeit und Bedeutung für das Studium der Ernährungsvorgänge.

Hierauf bezüglichen Arbeiten habe ich meine Thätigkeit seit dem Jahre 1877 zugewandt.

Zu damaliger Zeit lag eine einzige, von Frankland[1]) 1866 publicirte Arbeit, welche sich in gleicher Richtung bewegte, vor. Frankland arbeitete nach einem von Lewis Thompson angegebenen Verfahren, welches darin besteht, dass die organische Substanz, in geeignetem Verhältnisse mit Kaliumchlorat gemischt, in einem Calorimeter entzündet wird, wobei die bei der Verbrennung entstehenden Gase das Wasser des Calorimeters durchströmen und dabei ihre Wärme an dieses abgeben. Die Methode erschien so ungemein einfach, der Apparat, dessen man zu ihrer Ausführung bedurfte, war so leicht zugängig, dass man scheinbar nur in Frankland's Fusstapfen zu treten brauchte, um leicht zum Ziele zu kommen. Bei näherem Eingehen auf die Sache ergab sich aber, dass weder die Methode noch der Apparat in der Form, in welcher sich Frankland desselben bedient hatte, zur Erzielung genauer Resultate brauchbar seien. Dagegen zeigte es sich, dass die Methode nur von ihr anhaftenden Fehlern befreit zu werden brauchte, um für exacte Studien verwendbar gemacht zu werden. Die verbesserte Methode beschrieb ich 1879.[2])

Aber auch in dieser Form genügte die Methode und der Apparat den strengen Anforderungen, welche ich an dieselben stellte, noch nicht. Mancherlei Verbesserungen wurden angebracht, vielfache bereits erlangte Resultate wurden von mir selbst verworfen, bis endlich 1884 die Methode zur Vollkommenheit gebracht war.[3]) Die Schwierigkeiten, welche bei der Ausarbeitung der Methode zu überwinden waren, beruhen darauf, dass die Verbrennung dabei nicht eine directe ist, sondern unter dem Einflusse einer ganzen Reihe von Nebenprocessen verläuft, deren Werthe zum Theil unter negativem, zum Theil unter positivem Vorzeichen auftreten, deren Ermittelung aber nur auf indirectem Wege erfolgen konnte, da zu

1) Philos. Mag. (4) Bd. 32 S. 182.
2) Journ. f. prakt. Chem. (2) Bd. 19 S. 115.
3) Landw. Jahrb. 1884 Bd. 13 S. 513.

der Zeit, in welcher diese Untersuchungen ausgeführt wurden, nicht eine für den vorliegenden Zweck brauchbare Substanz vorhanden war, deren Wärmewerth auf zuverlässige Weise ermittelt war. Hätten wir damals eine solche Substanz von bekanntem Wärmewerth besessen, mit deren Hülfe eine bekannte Menge von Wärme hätte eingeführt werden können, so wäre die Grösse des Werthes der Nebenprocesse leicht zu ermitteln gewesen. In Ermangelung derselben mussten die Constanten der Nebenprocesse auf mühsamem und indirectem Wege gefunden werden, wobei selbstverständlich jeder Beobachtungsfehler in den Constanten zum Ausdrucke kam.

Im Laufe der Zeit wurde durch Erfindung von Berthelot's Bombe der grösste Fortschritt der thermo-chemischen Messungen gemacht, insofern wir in derselben über ein Instrument verfügen, mittels dessen der Wärmewerth aller verbrennlichen Körper mit staunenswerther Genauigkeit ermittelt werden kann. Wir sind seit 1887 im Besitze dieses Apparates. Ausführliche Beschreibung des Apparates und der ganzen Methode habe ich in meiner Abhandlung XVI[1]) gegeben. Mittelst dieses Apparates sind fast alle unsere nach der Kaliumchlorat-Methode ausgeführten Bestimmungen wiederholt, und diese Controlle hat ergeben, dass jene zwar unter sich vollkommen vergleichbar, aber mit einem constanten Fehler behaftet sind, dessen Grösse kaum 2% übersteigt, sehr häufig aber unter diesem Werthe bleibt, und der immer in gleicher Richtung liegt. Würde man die nach der Kaliumchlorat-Methode von uns ermittelten Wärmewerthe um diese Grösse erhöhen, so würde man Zahlen erhalten, die auch den heute zu stellenden Anforderungen genügen würden. Diese, für manche Zwecke kaum in Betracht kommende Abweichung ist darauf zurückzuführen, dass es uns früher trotz aller Bemühungen nicht gelungen ist, die Constanten, welche die Werthe der Nebenprocesse ausdrücken, nach der damals anzuwendenden indirecten Methode, mit völliger Genauigkeit zu ermitteln.

Ich glaube es mir und meinen Mitarbeitern, die wir es an treuer Mühe nicht haben fehlen lassen, schuldig zu sein, diese Auseinandersetzungen hier zu geben, um so mehr, da die von uns

1) Journ. f. prakt. Chem. (2) Bd. 39 S. 503.

befolgte Methode Gegenstand vielfacher unberechtigter Angriffe gewesen ist. Wenn ich, seitdem ich im Besitz des Berthelot'schen, und ausserdem noch des auf gleichem Princip beruhenden Mahler'schen Apparates bin, die Kaliumchlorat-Methode verlassen habe, so ist dies nicht geschehen, weil diese, mit den von mir angebrachten Verbesserungen, unbrauchbar ist, sondern weil es sich mit dem Berthelot'schen und dem Mahler'schen Apparate leichter arbeiten lässt, und weil diese Apparate sich für die Bestimmung des Wärmewerthes auch solcher Körper, z. B. leicht flüchtiger, eignen, deren Untersuchung nach der Kaliumchlorat-Methode nicht ausführbar ist.

Das Princip der Berthelot'schen Methode beruht darauf, eine gewogene Menge des zu untersuchenden Körpers in, bis zu einem Drucke von 25 Atmosphären verdichtetem, Sauerstoff zu verbrennen und die dabei frei werdende Wärmemenge auf eine gewogene Menge von Wasser zu übertragen, aus dessen Temperaturzunahme der Wärmewerth der untersuchten Substanz abzuleiten ist. Ueber die Einzelheiten der Ausführung sei auf die oben citirte Abhandlung verwiesen. Mahler's Apparat ist dem Berthelot'schen gleichwerthig, unterscheidet sich von diesem aber durch vereinfachte Ausführung und ist dadurch weit leichter zugängig. Bei beiden wird vollständige Verbrennung bis zu den letzten Endproducten, bei Eiweissstoffen beispielsweise bis zu Kohlensäure, Wasser, Stickstoff und Schwefelsäure erzielt. Nebenproducte entstehen dabei nicht, mit Ausnahme einer Spur von Salpetersäure, deren Menge aber mit Leichtigkeit zu ermitteln, und deren Bildungswärme Rechnung zu tragen ist.

Es ist nicht Zweck dieser Mittheilung, neue, noch nicht veröffentlichte Zahlen zu bringen. Es wird vielmehr beabsichtigt, die Ermittelungen der Wärmewerthe von physiologisch wichtigen Körpern, welche sich in mehreren Abhandlungen zerstreut finden, zusammenzufassen, damit sie für praktische Zwecke bequem verwandt werden können. Sämmtliche Zahlen sind durch Verbrennung im Berthelot'schen Apparat erhalten und sind Mittelwerthe von mehreren gut untereinander übereinstimmenden Beobachtungen. Die meisten der betreffenden Verbindungen sind mit gleichen Resultaten auch von Berthelot untersucht.

I. Eiweissstoffe.[1])

Die unter gewöhnlichen Umständen so schwer zur vollständigen Verbrennung zu bringenden Eiweissstoffe verbrennen sowohl in der Bombe, unter dem hohen Drucke des Sauerstoffs, wie auch auf Kosten des im Kaliumchlorat gebundenen Sauerstoffes ungemein leicht.

Die Zahlen der folgenden Tabelle beziehen sich sämmtlich auf unsere mit dem Berthelot'schen Apparate ausgeführten Bestimmungen. Ein Vergleich derselben mit den nach der Kaliumchlorat-Methode gefundenen Werthen folgt unten.

Die sämmtlichen untersuchten Eiweissstoffe wurden, soweit es thunlich ist, rein dargestellt; namentlich wurde durch lange fortgesetztes Behandeln mit Aether für vollständige Entfernung des Fettes gesorgt. Es wurde dann, ausser der Ermittelung des Wärmewerthes, noch von jedem einzelnen derselben die Elementaranalyse ausgeführt, und auf Grund derselben der in der ursprünglichen Substanz ermittelte Wärmewerth auf aschenfreie Substanz umgerechnet.

Zum Verständniss der hier und später folgenden Zahlen sei noch angeführt, dass

cal. die Wärmemenge bezeichnet, welche einem Gramm Wasser, bei einer Temperatur von angenähert 17° C., zugeführt werden muss, um dasselbe um 1° C. zu erwärmen; während

Cal. die Wärmemenge ausdrückt, welche einem Kilogramm Wasser, bei einer Temperatur von angenähert 17° C., zugeführt werden muss, um dasselbe um 1° C. zu erwärmen.

A. Eigentliche Eiweissstoffe.

	Wärmewerth pro g	Elementarzusammensetzung					
		C	H	N	S	O	Cl
	cal.						
Pflanzenfibrin	5941,6	54,39	6,92	15,39	1,02	22,28	—
Serumalbumin	5917,8	53,93	7,65	15,15	1,18	22,09	—
Syntonin	5907,8	53,64	7,44	15,76	1,09	22,07	—
Hämoglobin	5885,1	54,73	6,06	16,50	0,46	22,25	—
Milchcaseïn, Präp. I	5867,0	54,02	7,33	15,52	0,75	22,38	—

1) Journ. f. prakt. Chem. (2) Bd. 44 S. 336.

	Wärmewerth pro g	Elementarzusammensetzung					
		C	H	N	S	O	Cl
	cal.						
Milchcaseïn, Präp. II	5849,6	54,14	6,85	15,61	0,78	22,62	—
Eidotter	5840,9	53,50	7,31	15,26	1,11	22,82	—
Legumin	5793,1	53,22	7,17	15,18	0,46	23,97	—
Vitellin	5745,1	50,27	7,90	16,04	1,09	24,70	—
Eieralbumin	5735,2	52,95	7,50	15,19	1,51	22,85	—
Fleischfaser, mit Wasser extrahirt	5720,5	52,11	7,10	16,44	1,03	23,32	—
Krystallisirtes Eiweiss	5672,0	51,48	6,76	18,14	0,96	22,66	—
Fleisch, frei von Fett	5662,6	—	—	16,38	1,09	—	—
Fleisch, anderes Präparat . .	5640,9	52,02	7,30	16,36	1,01	23,31	—
Blutfibrin	5637,1	52,93	7,16	16,72	1,13	22,06	—
Harnack's Eiweiss	5553,0	50,69	6,68	14,51	1,89	23,67	2,56
Conglutin	5479,0	50,78	6,74	17,51	0,79	24,18	—
Pepton	5298,8	50,10	6,45	16,42	1,24	25,79	—

Von einem einheitlichen Wärmewerthe der Eiweissstoffe kann daher ebenso wenig, wie von einer gleichmässigen Zusammensetzung derselben, die Rede sein. Doch steht unverkennbar der Wärmewerth mit dem Gehalte derselben an verbrennlichen Elementen in gleichem Verhältniss. Da man vielfach gezwungen ist, mit einem Durchschnittseiweiss zu rechnen, so muss es gestattet sein, auch den Durchschnitt der Wärmewerthe, trotz des nicht unbedeutenden Auseinandergehens der Zahlen, zu ziehen. Dieser ergibt sich zu 5730,8 cal., und diesem entspricht die durchschnittliche Elementarzusammensetzung:

C	52,71
H	7,09
N	16,02
S	1,03
O	23,15
	100,00

Berthelot, welcher gleichfalls Eiweissstoffe untersucht hat, leitet aus seinen Beobachtungen den Wärmewerth 5691 cal. ab. Diese Zahl liegt der unsrigen so nahe, dass man aus beiden Beobachtungsreihen den Mittelwerth ziehen und darnach die Zahl

5711 cal.

als wahrscheinlichen Mittelwerth der Eiweissstoffe annehmen kann.

Vergleichen wir die jetzigen Bestimmungen mit denen, die früher mit gleichnamigen Stoffen, nach der Kaliumchlorat-Methode, gewonnen wurden, so ergeben sich folgende Beziehungen:

	jetzt	mit $KClO_3$	Verhältniss
Caseïn	5858,3	5717	97,59
Eieralbumin	5735,2	5579	97,28
Kryst. Eiweiss	5672,0	5598	98,70
Fibrin	5637,1	5511	97,76
Conglutin	5479,0	5362	97,86
Mittel aller Eiweissstoffe	5711	5567	97,48

In dem Betrage seines Wärmewerthes kann das Eiweiss im Körper der Thiere jedoch niemals genutzt werden. Es kommt dabei in Betracht, dass nur in ganz vereinzelten Fällen, so bei reiner Fleischnahrung, eine nahezu vollständige Verdauung des Eiweisses erfolgt, während meistens ein grosser Antheil des in der Nahrung gegebenen Eiweisses unverdaut durch den Körper geht. Beim Pflanzenfresser werden, je nach der Zusammensetzung der Nahrung, nur etwa 50 bis 80 % des Eiweisses verdaut.

Ausserdem gibt das Eiweiss bei seiner Zersetzung im Thierkörper niemals die Gesammtmenge der in ihm vorhandenen Energie ab, sondern zerfällt derart, dass Harnstoff und andere stickstoffhaltige Zersetzungsproducte übrig bleiben. Diese aus dem Körper ausgeschiedenen Zersetzungsproducte sind aber noch mit Energie beladen, die der Verwerthung im Thierkörper nicht zu gute kommen kann. Je nach der Menge und der Beschaffenheit dieser nicht im Körper verwerthbaren Zersetzungsproducte wird ein grösserer oder geringerer Theil der im Eiweisse eingeführten Energie nicht zur Auslösung gelangen.

Nehmen wir zunächst den Fall an: Die eingeführte Nahrung enthalte unser Durchschnittseiweiss mit 16 % Stickstoff und 5711 cal. Der Gesammtstickstoff werde in Form von Harnstoff ausgeschieden. 1 g Eiweiss liefert dabei 0,3428 g Harnstoff, und da 1 g Harnstoff 2537 cal. entspricht, so enthält diese Menge von Harnstoff 869,7 cal.; demnach entzieht sich 15,23 % der Energie des Eiweisses der Verwerthung.

In einer anderen Nahrung sei das Eiweiss in Form von Conglutin mit 17,51 % Stickstoff und 5479 cal. enthalten. Unter

gleicher Voraussetzung, wie oben, liefert 1 g Conglutin 0,3752 g Harnstoff mit 951,9 cal. Es würden hiernach 17,37% der Energie des Conglutins für die Verwerthung im Körper verloren sein.

In sehr vielen Fällen geht aber der Zerfall des Eiweisses nicht bis zum Harnstoff. Ein Theil des Stickstoffs wird in Harnsäure und in andere Spaltungsstoffe übergeführt. Beim Pflanzenfresser wird oft ein sehr erheblicher Theil des Stickstoffs in Form von Hippursäure entleert. Von der Hippursäure kann, wie thermisch leicht nachzuweisen ist, nur das Glykocoll aus dem Eiweiss hervorgehen, und es würde 1 g Eiweiss mit 16% Stickstoff 0,857 g Glykocoll liefern. Der Wärmewerth von 1 g Glykocoll ist 3128 cal., demnach ist der Wärmewerth obiger Menge 2681 cal.; oder von der Energie jedes Grammes Eiweiss, dessen Stickstoff in Form von Glykocoll abgespalten wird, kommen 46,95% im Körper nicht zur Verwendung.

Da aber die Vorgänge im Thierkörper die verschiedensten sind, da bald ein grösserer, bald ein geringerer Theil des Eiweisses durch unvollkommene Verdauung ganz ungenutzt durch den Körper geht, da ferner ein erheblicher Theil der Energie durch Bildung der verschiedensten Zersetzungsproducte sich der Verwerthung entzieht, so ist gewiss die von mir aufgestellte Forderung[1]), man müsse da, wo es sich um eine genaue Ermittelung des Kraftumsatzes im Körper der Thiere handelt, die Bestimmung des Wärmewerthes der sämmtlichen Einnahmen und Ausgaben des Körpers vornehmen und dürfe nicht einen aus einer einzigen Versuchsreihe abgeleiteten Werth in Rechnung stellen. Statt dieses sei es besser, den Werth, welcher sich unter Annahme der Harnstoffabspaltung ergebe, bei weniger genauen Rechnungen anzunehmen, wissend, dass damit eine gewisse Ueberschätzung des Eiweisses verbunden sei. Dass dabei nur der verdauliche Theil des Eiweisses gemeint sein könne, erschien so selbstverständlich, dass eine Hervorhebung unnöthig war.

Rubner[2]) bezeichnet meine Angabe als „eine höchst merkwürdige Schlussfolgerung“. Wenn es Rubner „schwer fällt, dieser höchst merkwürdigen Schlussfolgerung zu folgen“, so vermag ich meinerseits nicht, mich der Meinung anzuschliessen, dass man aus

1) Journ. f. prakt. Chem. Bd. 44 S. 351.
2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 30 S. 89.

einer Versuchsreihe, auch wenn sie eine fünftägige gewesen ist, eine generelle Zahl für die Verwerthung der Energie des Eiweisses abzuleiten im Stande sei.

Wenn Rubner findet, dass der Hund bei Fleischnahrung im Koth und im Harn 23,2 % des Energiegehaltes des verzehrten Eiweisses verliert, so liegt es mir fern, den geringsten Zweifel in diese Zahl setzen zu wollen. Ich muss es aber als durchaus verkehrt bezeichnen, wenn man diese Zahl auf andere Verhältnisse übertragen will, bei denen die Menge des producirten Kothes, die Menge der neben dem Harnstoff entstehenden Zersetzungsproducte ganz andere sind, als in der von Rubner ausgeführten Versuchsreihe.

Ich bestehe daher darauf, dass man bei genauen Untersuchungen über den Kraftumsatz stets den Wärmewerth der Einnahmen und Ausgaben des Körpers zu bestimmen habe. Ist man dazu nicht in der Lage, so wird man aber auch zu sehr angenäherten Resultaten kommen, wenn man die für sehr viele Fälle bekannte Menge des verdaulichen Eiweisses der Nahrung mit ihrem vollen Energiewerthe, also mit 5711 cal. für jedes Gramm einsetzt und für jedes Gramm des leicht direct zu ermittelnden Harnstoffes 2537 cal., für die Lösungswärme von 1 g Harnstoff 21 cal. und für jedes Gramm Hippursäure 1311 cal. in Abzug bringt. Die Zahl 1311 cal. entspricht dem Wärmewerthe der Menge von Glykocoll, welche aus der Spaltung von 1 g Hippursäure hervorgehen kann.

B. Albuminoide.

Ausser von den eigentlichen Eiweissstoffen ist auch der Wärmewerth einer Anzahl von Albuminoiden bestimmt worden. Die Ermittelungen haben folgende Werthe geliefert:

	Wärmewerth pro g	Elementarzusammensetzung				
		C	H	N	S	O
	cal.					
Elastin	5961,3	55,03	7,20	16,91	0,18	20,68
Wollfaser	5510,2	50,20	6,72	16,54	3,70	22,84
Hautfibroin	5355,1	49,92	5,75	18,01	0,30	26,02
Chondrin	5130,6	49,14	6,67	15,37	1,26	27,56
Ossein	5039,9	48,63	6,64	16,34	0,95	27,44
Fibroin	4979,6	48,63	6,08	18,97	—	26,32
Chitin	4650,3	45,15	6,40	6,86	—	41,59

C. Derivate der Eiweisskörper.

In folgender Tabelle sind die wichtigsten Derivate, welche beim Abbaue des Eiweisses im Körper entstehen, zusammengestellt. Die Tabelle enthält unter Wärmewerth einerseits die Werthe, welche beim Verbrennen eines Gramm-Moleküles erhalten werden, in grossen Calorien ausgedrückt, und andererseits die Wärmemengen, die bei der Verbrennung von einem Gramm der gleichen Substanz frei werden, auf kleine Calorien bezogen, z. B. wenn 1 Gramm-Molekül oder 75 g Glykocoll zu CO_2, H_2O und N verbrennt, so wird dabei eine Wärmemenge frei, welche hinreicht, um 234,6 kg Wasser von angenähert 17° C. um 1° C. zu erwärmen. Oder wenn 1 g Glykocoll auf gleiche Weise verbrennt, so wird die dabei frei werdende Wärme 3128 g Wasser um 1° C. erwärmen.

		Mol. Gew.	Wärmewerth Cal.	cal.
			Gramm-Mol.	g
Glykocoll	$C_2H_5NO_2$	75	234,6	3128
Alanin	$C_3H_7NO_2$	89	387,7	4356
Sarkosin	$C_3H_7NO_2$	89	401,1	4507
Leucin	$C_6H_{13}NO_2$	131	855,8	6533
Hippursäure	$C_9H_9NO_3$	179	1014,5	5678
Asparaginsäure	$C_4H_7NO_4$	133	385,2	2896
Harnstoff	$C\ H_4NO$	60	152,2	2537
Asparagin	$C_4H_8N_2O_3$	132	463,5	3511
Kreatin, kryst.	$C_4H_9N_3O_2 . H_2O$	149	553,3	3713
Kreatin, wasserfrei	$C_4H_9N_3O_2$	131	560,0	4275
Harnsäure	$C_5H_4N_4O_3$	168	460,5	2741
Guanin	$C_5H_5N_5O$	151	586,6	3885
Caffeïn	$C_8H_{10}N_4O_2$	194	1014,6	5230

II. Fette.[1]

A. Gewebsfette des Thierkörpers.

Nach den Untersuchungen von Schulze und Reinecke[2]) hat das Gewebefett vom Ochsen, Hammel, Schwein, Hund, Katze, Mensch, von welchen Stellen des Körpers es auch entnommen sei,

1) Journ. f. prakt. Chem. (2) Bd. 31 S. 275; Bd. 42 S. 361.
2) Ann. Chem. Bd. 142 S. 191.

unter den verschiedensten Lebensbedingungen, so gut wie gleiche Zusammensetzung, welche folgenden Zahlen entspricht:

C	76,5
H	12,0
O	11,5
	100,0.

Unsere calorimetrischen, zuerst nach der Kaliumchlorat-Methode und dann durch Verbrennen in der Berthelot'schen Bombe ausgeführten Bestimmungen, von denen die ersteren 23 verschiedene Fettsorten vom Schwein, Hammel, Ochs, Pferd, Mensch, Hund, Gans, Ente umfassten, haben gezeigt, dass auch der Wärmewerth der Fette der verschiedenen Thierarten so nahezu gleich ist, dass eine nennenswerthe Verschiedenheit bei keiner der einzelnen Fettsorten zu constatiren ist. Als Mittelwerth aus allen nach der Kaliumchlorat-Methode bestimmten Zahlen konnten wir den Gewebsfetten den Wärmewerth von 9365 cal. für 1 g zuschreiben. Bei Wiederholung der Untersuchung mit der Berthelot'schen Bombe ergab sich der Mittelwerth, auf constanten Druck reducirt, von 9500 cal., wobei die äussersten Abweichungen vom Mittel $\pm$ 0,2 % nicht überstiegen.

Die Zahl 9500 cal. kann daher als der wahre Mittelwerth der Gewebsfette bezeichnet werden. Der frühere Werth verhält sich zu dem richtigen wie 98,57 : 100.

Nimmt man an, die Gewebsfette beständen aus gleichen Molekülen Tristearin, Trioleïn und Tripalmitin oder, was dasselbe ist, die Gewebsfette beständen aus einem gemischten Glycerinester von der Zusammensetzung:

$$C_3H_5 \begin{cases} C_{18}H_{35}O_2 \\ C_{18}H_{33}O_2 \\ C_{16}H_{31}O_2, \end{cases}$$

so würde die Zusammensetzung eines solchen Esters, von der empirischen Formel $C_{55}H_{104}O_6$, folgende Procentverhältnisse bedingen:

C	76,75
H	12,09
O	11,16,

was so gut wie möglich mit dem Durchschnittswerthe von Schulze und Reinecke übereinstimmt.

Der Wärmewerth eines solchen Esters lässt sich berechnen, und durch eine solche Berechnung haben wir eine Controlle für unsere gefundene Zahl.

Der Wärmewerth der Fette ergibt sich, wenn von der Summe der Wärmewerthe des Glycerins und der in die Fettsäure-Glycerinester übergehenden Säuren eine Constante abgezogen wird, deren Grösse im Vergleiche zu der Grösse der Constituenten fast verschwindend klein ist. Dieselbe beträgt[1]) für die Bildung des Trilaurins aus Glycerin und Laurinsäure 8,2 Cal., für die Bildung des Trimyristins aus Glycerin und Myristinsäure 4,3 Cal., für die Bildung der Ester der ungesättigten Säuren ist sie etwas grösser und beträgt für die Bildung des Trierucins aus Glycerin und Erucasäure 23,2 Cal. Der Mittelwerth dieser drei Zahlen, 11,9 Cal., lässt sich daher als ein Ausdruck für die Bildung der gemischten Fettsäure-Glycerinester auffassen. Hiernach wird der Wärmewerth von einem Gramm-Molekül oder 860 g Fett:

1 Mol. Glycerin	397,1	Cal.
1 Mol. Stearinsäure	2711,8	„
1 Mol. Oelsäure	2682,0	„
1 Mol. Palmitinsäure	2398,4	„
Bildungswärme (—)	11,9	„
1 Mol. Fett	8177,4	Cal.

oder für 1 g Fett:

$$\frac{8177,4 \ . \ 1000}{860} = 9509 \text{ cal.}$$

Der berechnete stimmt daher mit dem gefundenen Werthe 9500 cal. vollständig überein.

B. Butterfett.

Das Fett der Butter unterscheidet sich von den Gewebsfetten dadurch, dass es ausser den Glyceriden der höheren Fettsäuren auch Glyceride der Säuren von geringeren Kohlenstoffatomzahlen enthält. Da die chemisch homologen Säuren auch eine ebenso

1) Journ. f. prakt. Chemie (2) Bd. 42 S. 376.

regelmässig verlaufende thermisch homologe Reihe bilden[1]), so müssen auch die Glyceride derselben einen um so geringeren Wärmewerth besitzen, je weniger Kohlenstoff die Säuren, von denen sie sich ableiten, enthalten. Es war daher zu erwarten, dass das Butterfett einen geringeren Wärmewerth habe, als das Gewebsfett. Die Erfahrung hat diese Voraussetzung vollkommen bestätigt.

Nach der Kaliumchlorat-Methode war für 1 g Butterfett gefunden 9192 cal.

Der richtige, durch Verbrennen in der Bombe bestimmte Werth ist 9231,3 cal.

Beide Werthe verhalten sich wie 99,57 : 100.

C. Pflanzenfette.

Die Pflanzenfette können nicht eine so gleichmässige Zusammensetzung und so gleichmässigen Wärmewerth besitzen wie die Thierfette, da die Glyceride, welche sie enthalten, sich von den verschiedensten Säuren ableiten. Ja, die gleichen Fettarten zeigen nicht selten nicht ganz unerhebliche Abweichungen in ihrem thermischen Werthe. Ob dieses darauf zurückzuführen ist, dass die Pflanzen bei verschiedenen Vegetationsbedingungen Fette von verschiedener Zusammensetzung produciren, oder ob die Abweichungen auf Manipulationen der Händler zurückzuführen sind, ist vorläufig nicht nachweisbar, da keine Untersuchungen über diesen Gegenstand vorliegen.

Wir haben eine Anzahl von Pflanzenfetten nach der Kaliumchlorat-Methode untersucht, haben es jedoch nicht für nöthig erachtet, die Ermittelungen mit der Bombe zu wiederholen, da sich bei den sonstigen Fetten so geringe Unterschiede bei beiden Bestimmungsweisen ergeben hatten. Wir rechnen daher die Zahlen der älteren Bestimmungen in dem für die Gewebsfette gefundenen Verhältnisse 98,57 : 100 um.

Hiernach ist der Wärmewerth von 1 g:

Leinöl,	erste Sorte	9488 cal.
„	zweite „	9439 „

1) Berichte d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss., mathem.-phys. Classe, 1893, S. 625. Journ. f. prakt. Chem. (2) Bd. 49 S. 108.

Olivenöl,	erste Sorte	9467	cal.
„	zweite „	9458	„
„	dritte „	9608	„
Mohnöl,	erste „	9597	„
„	zweite „	9562	„
Rüböl,	erste „	9627	„
„	zweite „	9759	„

Abweichend von den durch Pressen gewonnenen Oelen verhalten sich die durch Aether aus den Samen extrahirten Fette. Letztere haben durchgehends einen etwas geringeren Wärmewerth als die ausgepressten Oele, was offenbar auf die Aufnahme von Fremdstoffen durch den Aether zurückzuführen ist. Ebenso ist der Wärmewerth des ätherischen Extractes der Blattpflanzen geringer, als bei irgend welchem Fette beobachtet ist. So wurden für verschiedene Aether-Extracte folgende Werthe gefunden:

Leinsamen . .	9262	cal.
Hanfsamen . .	9348	„
Mohnsamen . .	9470	„
Senfsamen . .	9543	„
Rapssamen . .	9594	„
Rübsensamen . .	9604	„
Kleeheuextract .	8926	„
Wiesenheuextract	9136	„

D. Pflanzenwachse.

Japanesisches Wachs von Rhus succedanea	9130	cal.
Myrica-Wachs von Myrica cerifera . . .	9104	„
Carnauba-Wachs von Copernicia cerifera .	10237	„

Das japanesische Wachs besteht fast ausschliesslich aus Dipalmitin. Der Wärmewerth von 1 g Dipalmitin ist 9123 cal.

Das Myrica-Wachs soll, nach Moore[1]), vorzugsweise aus freier Palmitinsäure, wenig Myristinsäure und wenig Glyceriden dieser Säuren bestehen. Da der Wärmewerth von 1 g Palmitinsäure 9369 cal., der von 1 g Myristinsäure 9149 cal. beträgt, so kann die angebliche Zusammensetzung des Wachses nicht richtig sein.

---

1) Husemann und Hilger, Pflanzenstoffe S. 474.

Das Carnauba-Wachs ist wesentlich Cerotinsäure-Ceryläther, dessen Wärmewerth bedeutend höher als der der Fette liegen muss.

III. Kohlehydrate.[1])

In folgender Tabelle ist der Wärmewerth der sogenannten Kohlehydrate zusammengestellt, sämmtlich nach den Verbrennungen in der calorimetrischen Bombe ermittelt.

		Mol. Gew.	Wärmewerth Cal.	cal.
			g-Molek.	g
Pentosen:				
Arabinose	$C_5H_{10}O_5$	150	558,3	3722,0
Xylose	$C_5H_{10}O_5$	150	561,9	3746,0
Rhamnose	$C_6H_{12}O_5$	164	718,5	4381,1
Rhamnose, kryst.	$C_6H_{12}O_5 . H_2O$	182	711,8	3911,0
Fucose	$C_6H_{12}O_5$	164	712,2	4342,7
Hexosen:				
d-Glukose	$C_6H_{12}O_6$	180	673,7	3742,6
d-Fructose	$C_6H_{12}O_6$	180	675,9	3755,0
Galaktose	$C_6H_{12}O_6$	180	669,9	3721,5
Sorbinose	$C_6H_{12}O_6$	180	668,6	3714,5
Disaccharide:				
Rohrzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	1352,7	3955,2
Milchzucker	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	1351,4	3951,5
Milchzucker, kryst.	$C_{12}H_{22}O_{11} . H_2O$	360	1345,2	3736,8
Maltose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	1350,7	3949,3
Maltose, kryst.	$C_{12}H_{22}O_{11} . H_2O$	360	1339,8	3721,8
Trehalose	$C_{12}H_{22}O_{11}$	342	1349,9	3947,0
Trehalose, kryst.	$C_{12}H_{22}O_{11} . 2H_2O$	378	1345,3	3550,3
Trisaccharide:				
Melitose	$C_{18}H_{32}O_{16}$	504	2026,5	4020,8
Melitose, kryst.	$C_{18}H_{32}O_{16} . 5H_2O$	594	2019,7	3400,2
Melecitose	$C_{18}H_{34}O_{17}$	522	2043,0	3913,7
Polysaccharide:				
Glykogen	$(C_6H_{10}O_5)x$	162x	678,9	4190,6
Cellulose	$(C_6H_{10}O_5)x$	162x	678,0	4185,4
Stärkemehl	$(C_6H_{10}O_5)x$	162x	677,5	4182,5
Dextran	$(C_6H_{10}O_5)x$	162x	666,2	4112,3
Inulin	$C_{36}H_{62}O_{31}$	990	4092,1	4133,5

1) Journ. f prakt. Chem. (2) Bd. 31 S. 285; Bd. 45 S. 305.

Wenn hier die Rhamnose und Fucose, beide von der Zusammensetzung $C_6H_{12}O_5$, zu den sogenannten Kohlehydraten gerechnet sind, obgleich sie ihrer empirischen Zusammensetzung nach eigentlich nicht hierher gehören, so ist dies mit gutem Vorbedacht geschehen. Beide sind Pentosen und unterscheiden sich von den übrigen Gliedern der Pentosenreihe nur durch Aufnahme einer Methylgruppe an Stelle eines Wasserstoffatoms.

Eine Anzahl der in vorstehender Tabelle enthaltenen Körper ist früher von uns nach der Kaliumchlorat-Methode verbrannt worden, und wir lassen desshalb die nach beiden Methoden gefundenen Werthe hier folgen, ebenso wie es oben bei den Eiweissstoffen geschehen ist:

	jetzt Cal.	$KClO_3$ Cal.	Verhältnisszahl
d-Glukose . . .	673,7	664,6	98,64
Galaktose . . .	669,9	658,6	98,31
Arabinose . . .	558,3	554,2	99,27
Rohrzucker . . .	1352,7	1322,2	97,74
Milchzucker . . .	1351,4	1325,9	98,11
Milchzucker, kryst.	1345,2	1318,7	98,03
Melitose	2026,5	1979,7	97,69
Cellulose	678,0	671,7	99,07
Stärkemehl . . .	677,5	667,9	98,58
Inulin	4092,1	4029,3	98,47

Der Durchschnitt der sämmtlich in gleicher Richtung liegenden Verhältnisszahlen beträgt 98,39. Aehnliches haben wir für die Eiweissstoffe und für die Fette nachgewiesen. Damit ist die Richtigkeit unserer oben S. 369 aufgestellten Behauptung erwiesen, nach welcher die nach der Kaliumchlorat-Methode von uns vor einer Reihe von Jahren ermittelten Werthe relativ richtig gewesen sind, und die verhältnissmässig kleinen Abweichungen nur auf kleine, bei der Ermittelung der Constanten vorgekommene Fehler zurückzuführen sind.

Vergleicht man die Zahlen der Tabelle unter einander, so ergibt sich, dass die gleich zusammengesetzten, isomeren Verbindungen wohl ähnlichen, aber durchaus nicht gleichen Wärmewerth besitzen. So lange die calorimetrischen Messungen nicht den hohen

Grad von Feinheit erlangt hatten, welchen sie gegenwärtig besitzen, konnte man diese Abweichungen auf Zufälligkeiten, auf Beobachtungsfehler, zurückführen, wie dieses von Berthelot geschehen ist. Dem ist jedoch nicht so. Die Abweichungen haben ihre tiefgehende Bedeutung und sind theils durch den inneren Bau der Moleküle, insbesondere aber durch den höheren oder geringeren Grad von Labilität verursacht, wie von mir zuerst erkannt und für eine ganze Reihe von Fällen nachgewiesen worden ist. Dieser höhere Grad von Labilität äussert sich entweder darin, dass die betreffenden Körper leicht durch den Angriff gewisser Agentien zum Zerfall gebracht oder dabei zu inneren Umlagerungen der Atome in Moleküle veranlasst werden. Dabei besitzt der labile Körper ausnahmslos einen höheren Wärmewerth als der stabile.

Von den vier Hexosen $C_6H_{12}O_6$ sind je zwei unmittelbar vergleichbar, einerseits Glukose und Galaktose, welche beide Aldosen sind, und andererseits Fructose und Sorbinose, beide Ketosen. Von den beiden ersteren ist Glukose labiler als Galaktose, da sie leichter von Fermentorganismen zum Zerfall gebracht wird als jene; Glukose gährt leichter, als Galaktose. Die Wärmewerthe beider sind:

Glukose . . 673,7 Cal.
Galaktose . 669,9 „

Ebenso verhalten sich die beiden Ketosen: Fructose und Sorbinose. Fructose ist gegenüber der Sorbinose labil, sie hat ein hohes Gährvermögen, Sorbinose ist stabil, sie ist durch Hefe nicht zum Zerfall zu bringen. Diesem verschiedenen Grade der Stabilität entsprechen die Wärmewerthe:

Fructose . . 675,9 Cal.
Sorbinose . . 668,6 „

Auf gleiche Weise können bei Isomeren Umlagerungen der Atome oder Atomgruppen im Baue des Moleküles vorkommen, ohne dass eine Aenderung der Zusammensetzung eintritt. Die labile Maleïnsäure $C_4H_4O_4$ geht über in die ihr geometrisch isomere, stabile Fumarsäure. Die Wärmewerthe beider Säuren sind:

Maleïnsäure, labil . . 326,3 Cal.
Fumarsäure, stabil . 319,7 „

Auf gleiche Weise verhalten sich Oelsäure und Elaidinsäure, Erucasäure und Brassidinsäure.

Zwei isomere Körper, von denen der eine die Allylgruppe $CH_2.CH:CH_2$, der andere die Propenylgruppe $CH:CH.CH_3$ enthält, gehen durch Wanderung eines Wasserstoffatomes leicht derart in einander über, dass die Allylgruppe sich in die Propenylgruppe verwandelt, während die Umwandlung der Propenylgruppe in die Allylgruppe nicht ausführbar ist. Die Allylverbindungen sind labil im Vergleiche zu den Propenylverbindungen. Dem entsprechen die Wärmewerthe z. B. bei den beiden Isomeren $C_{10}H_{12}O_2$:

Eugenol, Allyldioxybenzol-Monomethyläther . . 1286,9 Cal.
Isoeugenol, Propenyldioxybenzol-Monomethyläther 1278,1 „

Eine ganze Fülle von weiteren Beispielen ist früher gegeben worden[1]), auf welche verwiesen sei.

Alle die Vorgänge, um welche es sich hier handelt, und es sind noch viele andere hierher zu rechnen, fasst man mit der allgemeinen Bezeichnung der katalytischen Erscheinungen zusammen, ohne dass es bislang möglich gewesen wäre, dieser Bezeichnung einen bestimmten Begriff unterzulegen.

Die thermochemischen Studien gestatten es, hier eine Lücke der Wissenschaft auszufüllen.

Untersuchen wir zunächst, welche Bedingungen zum Zustandekommen eines katalytischen Processes zu erfüllen sind, so haben wir deren zwei zu unterscheiden:

1. Katalytischen Processen unterliegen nur solche Moleküle, deren Atome sich in einer labilen Gleichgewichtslage befinden.

Im Wasserstoffsuperoxyd HO.OH, dem classischen Beispiele für katalytische Vorgänge, befinden sich die Atome im höchsten Grade der Labilität, sie lagern sich mit grösster Leichtigkeit zu Wassermolekülen und Sauerstoffmolekülen zusammen.

Im Zuckermoleküle sind die Atome in labiler Lage, sie ordnen sich mit Leichtigkeit zu den stabileren Molekülen Alkohol und Kohlensäure.

---

1) Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wiss., math.-phys. Classe, 1892, S. 307. Journ. f. prakt. Chem. (2) Bd. 46 S. 530.

Die Disaccharide, die Tri- und Polysaccharide sind labil im Vergleiche zu den Hexosen und werden mit Leichtigkeit in diese umgewandelt.

In den Estern der einsäurigen Alkohole sind die Atome in labiler Gleichgewichtslage, sie bilden unter Aufnahme der Elemente des Wassers mit Leichtigkeit Säuren und Alkohole.

Für Maleïn- und Fumarsäure, für Allyl- und Propenylverbindungen ist dieses oben schon gezeigt.

Allen diesen Vorgängen ist Eines gemeinsam. Sie vollziehen sich sämmtlich, ohne Ausnahme, unter Energieverlust.

2. Katalytische Processe treten nur ein in Gegenwart eines zweiten Körpers, welcher chemisch an dem Processe nicht betheiligt zu sein braucht, oder unter Hinzutritt gewisser Energieformen von verschwindend kleiner Grösse.

Der am eingehendsten studirte katalytische Process der Alkoholgährung, welcher sich unter dem Einflusse des Alkoholfermentes der Hefe, Saccharomyces, vollzieht, ist nach Pasteur's Vorgange als ein physiologischer Vorgang dieses Pilzes erklärt worden. Selbstverständlich ist diese Erklärung nur eine Umschreibung, aber keine Erklärung des Begriffes der Gährung.

Liebig[1]) betrachtete alle Gährungsprocesse von einem generellen Standpunkte und erklärte die Fermente als in chemischer Umwandlung begriffene Substanzen, deren Atome in den Molekülen in einer zu Umwandlungen führenden Bewegung begriffen sind und diese Bewegung auf die Atome der gährungsfähigen Moleküle fortpflanzen, wodurch diese zu neuen Lagerungen, d. i. zur Bildung von neuen Molekülen, veranlasst werden.[2])

Wesentlich im Einklange hiermit, definirte C. von Nägeli[3]) die von Organismen bewirkte Gährung als die Uebertragung von Bewegungszuständen der Moleküle, Atomgruppen und Atome verschiedener das lebende Plasma zusammensetzender Verbindungen, welche hierbei chemisch unverändert bleiben, auf das Gährmaterial,

1) Org. Chem. in Anwendung auf Agricultur u. Physiol. 1840, S. 199.

2) Ann. Chem. 153, 1.

3) Theorie der Gährung (München 1879) S. 29.

wodurch das Gleichgewicht in dessen Molekülen gestört wird und dieselben zum Zerfallen gebracht werden.

Beide Erklärungen haben daher das Gemeinsame: von dem Gährungserreger gehen Schwingungserscheinungen aus, welche die Bewegung auf die Atome des Gährmaterials fortpflanzen und diese in eine Bewegung versetzen, die zu neuen Gleichgewichtslagerungen führt.

Da ganz gleichartige Erscheinungen, welche von Fermentorganismen hervorgerufen werden, auch unter dem Einflusse anderer nicht organisirter Fermente hervorgerufen werden, so muss das Ursächliche in allen Fällen gleich sein. Wenn das von der Hefe ausgesonderte Invertin Rohrzucker in Glukose und Fructose spaltet, wenn das Pepsin der Labdrüsen Eiweissstoffe in Peptone verwandelt, wenn die Secrete des Pankreas Stärkemehl verzuckern, Rohrzucker spalten, Fette in Glycerin und Fettsäuren verwandeln, so sehen wir überall dieselben Wirkungen, welche nur durch gleiche Ursachen herbeigeführt werden können.

Da aber ganz analoge Wirkungen einmal von Fermentorganismen und einmal von nicht organisirten Fermenten ausgeübt werden, so muss man zu dem Schlusse kommen, dass die Fermentorganismen nicht die Gährungen verursachen, weil sie Organismen sind, sondern nur weil sie Träger gewisser Fermente sind. Die Alkoholgährung wird ebensowenig von der Hefe bewirkt, wie die Labzelle das Eiweiss verdaut. Die Alkoholgährung wird durch ein der lebenden Zelle eigenthümliches, aus ihr jedoch nicht abscheidbares und mit ihrem Leben ebenfalls zu Grunde gehendes Ferment bewirkt.

Wenn wir somit die Ursache der verschiedensten Formen der Gährung auf Atomschwingungen, die von Fermenten verursacht werden, zurückzuführen haben, so findet Gleiches bei allen katalytischen Vorgängen statt.

Eine Flocke Fibrin bringt in Lösungen von Wasserstoffsuperoxyd lebhaftes Aufschäumen von entweichendem Sauerstoff und Bildung von Wasser hervor, weil die von der Fibrinflocke ausgehenden Schwingungen das ohnehin höchst labile Gleichgewicht der Atome im Wasserstoffsuperoxyd erschüttern und dadurch die Neulagerung der Atome herbeiführen.

Kommen andere Körper, die sich ebenfalls in einem labilen Zustande befinden, mit Wasserstoffsuperoxyd zusammen, wie Silberoxyd, Goldoxyd, Bleisuperoxyd, so werden die Atomschwingungen so gross, dass sie sich auf die Atome des die Zersetzung bedingenden Körpers fortpflanzen und die Moleküle desselben gleichfalls zum Zerfalle bringen.

Eine Blase von salpetriger Säure genügt, um unbegrenzt grosse Mengen von Oelsäure in Elaidinsäure zu verwandeln, weil diese die Atome der Oelsäure in solche Schwingungen versetzt, durch welche sie sich in jene Säure verwandelt.

Ueberall sehen wir Bewegung, d. i. Hinzutritt von irgend einer Form von Kraft, als das Ursächliche der katalytischen Erscheinungen.

Auf gleiche Ursache ist auch die unter heftigster Explosion erfolgende Zersetzung des Kaliumchlorates durch Schwefel zurückzuführen. Die beim Zusammenreiben beider unter furchtbarer Gewalt erfolgende Zersetzung ist häufig durch die beim Reiben frei werdende Wärme erklärt worden. Jedoch durchaus mit Unrecht. Nach eigenen Untersuchungen lässt sich ein Gemenge von Kaliumchlorat und Schwefel bis über den Schmelzpunkt des Schwefels erhitzen, ohne dass Explosion eintritt. Erst bei einer Temperatur von 142° C. tritt, bei vorsichtigem Erwärmen, eine ganz gefahrlose Verpuffung ein.

Nitroglycerin explodirt auf Schlag mit furchtbarer Gewalt, während es auf glühenden Kohlen gefahrlos verbrennt. In beiden Fällen ist daher nicht die durch Reibung oder die durch Schlag bewirkte Temperatursteigerung das Ursächliche, sondern es müssen, um eine Explosion eintreten zu lassen, die Atome der Moleküle durch die dabei wirkenden mechanischen Kräfte in Schwingungen, die zur gewaltsamen Zertrümmerung der Moleküle führen, versetzt werden.

Von höchstem Interesse sind auch die von Abel[1]) und von Champion und Pellet[2]) gemachten Ermittelungen über die Fortpflanzung der Explosionen bei Explosivkörpern. Bringt man in das eine Ende einer 2,4 m langen Glasröhre eine geringe Menge von

1) Compt. rend. Bd. 69 S. 105; Bd. 78 S. 1227, 1301, 1362, 1432.
2) Compt. rend. Bd. 75 S. 210.

Jodstickstoff und lässt diesen explodiren, so pflanzt sich die Explosion auf den Jodstickstoff fort, welcher sich am entgegengesetzten Ende der Röhre befindet. Hier kann von einer Wirkung der Wärme nicht die Rede sein. Nur die Schwingungen, welche von dem Explosionsherde ausgehen, können die Explosion am anderen Ende der Röhre veranlassen.

Zur Auslösung der Explosion sind aber Schwingungen von ganz bestimmter Grössenordnung erforderlich. Jodstickstoff, auf die tiefen Saiten eines Saiteninstrumentes gebracht, explodirt beim Anstreichen nicht, während derselbe auf den hohen Saiten beim Anstreichen sofort zur Explosion kommt.

Der eine Explosivkörper ruft durch seine Explosion nicht die jedes anderen hervor, sobald derselbe nicht die dem zweiten synchronischen Schwingungen hervorruft.

Ebenso wie hier die von einem Körper ausgehenden Schwingungen die Atome des anderen Körpers in solche Schwingungen versetzen, dass die Moleküle desselben zum Zerfalle kommen, so ist es auch bei den Fermenten gegenüber den gährungsfähigen Körpern, bei der salpetrigen Säure gegenüber der Oelsäure, bei dem Fibrin, dem Silberoxyd gegenüber dem Wasserstoffsuperoxyd, den verdünnten Säuren gegenüber dem Zucker, dem Stärkemehl, der Cellulose u. s. w.; von allen diesen Körpern müssen Schwingungen von ganz bestimmter Tonhöhe ausgehen, um die labilen Moleküle dieser Körper zum Zerfall zu bringen.

Zu den katalytischen Wirkungen rechnete Berzelius auch die Bildung des Aethers aus Alkohol und Schwefelsäure. Nachdem aber der chemische Vorgang der Aetherbildung erkannt worden ist, hat man diese Art der Katalyse fallen gelassen. Man ist aber entschieden zu weit gegangen, wenn gewisse andere Processe ebenfalls auf rein chemischem Wege erklärt werden sollen.

Verdünnte Säuren bewirken die Spaltung des Zuckers in Glukose und Fructose, verdünnte Schwefelsäure verwandelt Cellulose sowie Stärkemehl in Glukose. Da nun Cellulose in concentrirter Schwefelsäure sich löst, und da diese Lösung auf Zusatz von Wasser Dextrose liefert, so soll die Wirkung der verdünnten Säuren auf Cellulose auf einer vorübergehenden Bildung von Celluloseschwefelsäure und einer darauf folgenden Zersetzung der entstandenen Cellulose-

schwefelsäure durch Wasser beruhen. Dies kann unmöglich richtig sein. Denn die Bildung der Celluloseschwefelsäure erfolgt nur bei Abwesenheit von Wasser. Da sie bei Gegenwart von Wasser nicht entstehen kann, so kann auch die Verzuckerung der Cellulose in verdünnten Flüssigkeiten nicht unter dem Einflusse der Celluloseschwefelsäure erfolgen. Das Gleiche gilt von der von verdünnten Säuren bewirkten Inversion des Zuckers, von der Verzuckerung des Stärkemehles durch verdünnte Säuren, von der unter dem Einflusse verdünnter Säuren erfolgenden Spaltung der Ester, der Glukoside u. s. w. Dazu kommt noch, dass diese Processe unter dem Einflusse aller Säuren verlaufen, von denen der Cellulose- und Stärkemehlschwefelsäure entsprechende Verbindungen nicht bekannt sind und aller Wahrscheinlichkeit nach auch nicht existiren. Die Wirkung der Säuren auf den Zucker ist die gleiche wie die des Invertins, die Wirkung derselben auf Stärkemehl ist dieselbe wie die der Diastase. Die Säurewirkung auf Zucker, Stärkemehl, Cellulose ist daher ebenso gut eine katalytische wie die jener Fermente, und es werden durch Schwefelsäure, Salzsäure, Oxalsäure gerade so Schwingungen in den Molekülen jener Stoffe hervorgerufen, wie dieses bei der Oelsäure durch salpetrige Säure geschieht.

Katalytische Wirkungen können daher durch die verschiedensten Körper, die chemisch nicht das Geringste miteinander gemein zu haben brauchen, herbeigeführt werden, auch können manche derselben durch directe Kraftübertragung, durch Stoss, Reibung, Schlag veranlasst werden. Das Wesentliche ist nur, dass die die Katalyse bewirkenden Körper im Stande sind, eine gewisse Bewegung in den Atomen der der Katalyse verfallenden Moleküle zu veranlassen.

Der Begriff der Katalyse lässt sich daher dahin zusammenfassen:

Katalyse ist ein Bewegungsvorgang der Atome in Molekülen labiler Körper, welcher durch Hinzutritt einer von einem anderen Körper ausgesandten Kraft erfolgt, und, unter Verlust von Energie, zur Bildung von stabileren Körpern führt.

Es würde bei diesem Gegenstande nicht so lange verweilt worden sein, wenn die katalytischen Vorgänge nicht eine so überaus wichtige Rolle im Leben der Pflanzen wie der Thiere spielten. Der

ganze Verdauungsprocess der Thiere, von der ersten Aufnahme der Nahrung in der Maulhöhle bis zur Ausstossung der Excremente durch den After, ist eine ununterbrochene Folge von katalytischen Processen. Ganz gleiche Vorgänge haben wir in der Pflanze, bei deren erstem Keimleben Stärkemehl, Fett, Eiweiss durch katalytische Vorgänge in andere Verbindungen übergeführt wird. Auf katalytischen Vorgängen beruht die Möglichkeit der Wanderung vieler Pflanzensubstanzen, sowie die Möglichkeit der Resorbirbarkeit der im Thierkörper löslich gewordenen Stoffe.

Ist dieses erkannt, so bleibt nur noch ein Schritt zu thun, um vielleicht die Entstehung aller organischen Substanz auf katalytische Vorgänge zurückzuführen.

Als erste Bildungsproducte der Pflanzen werden gewöhnlich Stärkemehl und Fett angenommen, da sie in dem Chlorophyll führenden Protoplasma der Pflanze gefunden werden. Entstehen diese aber unmittelbar aus Kohlensäure und Wasser unter Abscheidung von Sauerstoff? Es erscheint vielmehr sehr viel wahrscheinlicher, dass nach v. Baeyer's geistvoller Hypothese Kohlensäure CH_2O_3, unter Verlust von einem Sauerstoffmoleküle, in Formaldehyd CH_2O, einen der reactionsfähigsten Körper, verwandelt wird. Während nun v. Baeyer den Formaldehyd einfach zu Zucker und derartige Körper sich polymerisiren lässt, nehme ich an, dass der Formaldehyd zunächst zu einem Bestandtheile der Protoplasma-Moleküle werde, unter Anlagerung seiner Atome an im Protoplasma-Moleküle vorhandene Kerne neue Protoplasma-Moleküle bilde, und dass ausserdem Reductionsproducte der Salpetersäure, resp. Ammoniak,in die Protoplasma-Moleküle eintreten, wodurch dieselben zu, nach unseren Begriffen, gewaltiger Grösse heranwachsen können.

Erfolgt nun, durch katalytischen Anstoss, ein Zerfall der labilen Protoplasma-Moleküle, so kann aus deren Zerfalle Eiweiss, Stärkemehl, Fett hervorgehen, während ein Kern übrig bleibt, an den sich von neuem Formaldehyd und ammoniakartige Moleküle anlagern können, um neue Protoplasma-Moleküle zu bilden. Es wird immer von dem Stoffwechsel des Protoplasma gesprochen, ohne dass jemals der Versuch zu einer Erklärung der den Stoffwechsel bedingenden Vorgänge gemacht worden sei. Mir scheint die natürlichste Erklärung desselben in Vorstehendem gegeben zu sein.

Dann gewinnt es aber ausserordentlich an Wahrscheinlichkeit, dass der Stoffwechsel der thierischen Zelle auf gleichen Ursachen beruht, mit dem einzigen Unterschiede, dass dieser selbstverständlich kein Formaldehyd, sondern organische Substanz im Plasmastrome des Blutes zugeführt und von den Plasmamolekülen der Zelle resorbirt wird. Auch hier bauen sich grosse Plasmamoleküle, von vielleicht verschiedener Constitution, auf, die unter dem Einflusse katalytischer Wirkungen, die in jeder einzelnen Zellenart verschiedene sein können, zerfallen und dabei Eiweiss, Fett, Zucker und andere Stoffe abspalten, unter Zurücklassung eines regenerationsfähigen Kernes, der sich durch Aufnahme von geeigneter organischer Substanz wieder in Plasmamoleküle zurückverwandelt.

Gleichzeitig mit den katalytischen Vorgängen müssen in den lebenden Zellen entgegengesetzt verlaufende stattfinden. Die katalytischen Vorgänge führen ausnahmslos zum Zerfalle von complicirt gebauten zu einfacher zusammengesetzten Molekülen, unter Verlust an Energie. Wir sehen aber, wie im Pflanzenkörper aus Zucker Cellulose, wie aus Asparagin und Glutamin Eiweiss, wie im Thierkörper aus Peptonen Albuminate entstehen. Mit einem Worte: wir haben es hier mit synthetischen Vorgängen zu thun, und solche synthetische Vorgänge bedingen nicht allein die Entstehung jener Verbindungen, sondern es kommt ihnen eine viel grössere Bedeutung zu. Sie allein ermöglichen die Entstehung der Protoplasma-Moleküle.

Zwischen katalytischen und synthetischen Wirkungen findet aber der weitere Unterschied statt, dass bei ersteren regelmässig ein Freiwerden von Energie erfolgt, während letztere mit einer Aufspeicherung von Energie verbunden sind.

Den in Synthese begriffenen Körpern muss Energie zugeführt werden. Dies kann in den grünen Chlorophyllzellen durch Lichtwirkung geschehen, in allen übrigen Zellarten durch den Zerfall anderer organischer Substanz, oder auf Kosten der bei den katalytischen Processen freiwerdenden Energie. Sollte im Haushalte der Natur ein derartiges Gleichgewicht der Kräfte vorhanden sein, dass die katalytischen Vorgänge soviel Energie freiwerden lassen, wie zur Vollziehung der synthetischen erforderlich ist?

Ueber den Calciumgehalt der Leberzellen des Rindes in seinen verschiedenen Entwicklungsstadien.

(Nach Versuchen des Herrn W. Lenz.)

Von

Dr. med. **Friedrich Krüger,**

Docent an der Universität Dorpat (Jurjew).

Die zu beschreibenden Versuche stellen eine Fortsetzung der Untersuchungen von C. Meyer[1]) und F. Szymkiewicz[2]) vor und schliessen sich ganz direct an die letzteren an, insofern das von Szymkiewicz hergestellte, aber zum grossen Theil nicht verbrauchte Material zur Calciumbestimmung benutzt wurde.

Der Gang der Untersuchung war folgender:

Das bräunlich gefärbte Leberzellenpulver wurde bei einer Temperatur von 110 bis 120° C. bis zur Gewichtsconstanz getrocknet und gewogen.

Die gewogene Menge Zellenpulver wurde mit etwas kohlensaurem Natron versetzt und mittelst Bunsen'schen Brenners in einer Platinschale verkohlt. Die Kohle wurde mit Wasser extrahirt, darauf der Extract abfiltrirt, das Filter mit der Kohle getrocknet und das Filtrat auf dem Dampfbade eingeengt. Nachdem Filter und Kohle getrocknet waren, wurden sie vollständig verbrannt, die Asche nach Zusatz von ein wenig concentrirter Salzsäure mit dem

1) Ueber d. Eisengehalt d. Leberzellen etc. Inaug.-Diss., Dorpat 1890.

2) Ueber d. Schwefel- u. Phosphorgehalt d. Leberzellen etc. Inaug.-Diss., Dorpat 1891.

eingeengten Filtrat aufgenommen, behufs vollständiger Lösung und um die überschüssige Salzsäure zu entfernen, aufs Dampfbad gebracht.

Nachdem die Flüssigkeit vollkommen klar geworden, wurde das Eisen mit Ammoniak gefällt, darauf Essigsäure hinzugesetzt, gekocht, dann filtrirt und der Filterrückstand mit heissem Wasser mehrfach ausgewaschen. Das Filtrat wurde mit oxalsaurem Ammon versetzt und in einem Becherglase auf 24 Stunden in die Wärme gestellt.

Nach Ablauf dieser Zeit wurde das ausgeschiedene Calciumoxalat abfiltrirt, mehrfach auf dem Filter ausgewaschen, dann in einem Platintiegel, dessen Gewicht jedes Mal controllirt wurde, geglüht, bis das Filter verbrannt war. Nach Zusatz von einigen Tropfen Ammonium carbonicum, vorsichtigem Erhitzen und nachfolgender Abkühlung über Schwefelsäure, wurde durch Wägung das Gewicht des kohlensauren Calciums bestimmt und daraus der Calciumgehalt berechnet.

Zur Controlle wurde alsdann das Calciumcarbonat in Salzsäure gelöst und dann auf dem Dampfbade das Chlorid zur Ausscheidung gebracht. Nachdem das Präparat 24 Stunden im Trockenofen bei 110 bis 120° C. gestanden, wurde es in Wasser gelöst und mit einer Lösung von Silbernitrat, die auf Calcium eingestellt war, titrirt.

Aus dem arithmetischen Mittel der nach beiden Methoden gefundenen Zahlen wurde der procentische Calciumgehalt der Trockensubstanz berechnet.

Von einer Literatur in Bezug auf die vorliegende Frage ist gar nicht die Rede; ich gehe daher sofort auf die Wiedergabe unserer Resultate über. Dieselben sind in der beigefügten Tabelle übersichtlich zusammengefasst.

Im Ganzen sind 62 Calciumbestimmungen an 97 Lebern von uns ausgeführt worden.

Weiterer Erklärungen bedarf die Tabelle nicht.

Die ausführlichen Versuchsprotokolle sind in der Dissertation des Herrn W. Lenz[1]) wiedergegeben.

---

1) Ueber den Calciumgehalt der Leberzellen des Rindes etc. Inaug.-Diss., Dorpat 1891.

Calciumgehalt der Leberzellen.

Rinderföten nach der Länge geordnet														Kälber		Ausgewachs. Rinder	
Zahl der Lebern	20 bis 30 cm	Zahl der Lebern	30 bis 40 cm	Zahl der Lebern	40 bis 50 cm	Zahl der Lebern	50 bis 60 cm	Zahl der Lebern	60 bis 70 cm	Zahl der Lebern	70 bis 80 cm	Zahl der Lebern	80 bis 100 cm	Zahl der Lebern		Zahl der Lebern	
5	0,064	4	0,100	4	0,088	3	0,094	3	0,055	1	0,055	1	0,105	1	0,144	1	0,060
3	0,048	3	0,123	3	0,070	3	0,081	2	0,049	1	0,106	1	0,096	1	0,137	1	0,055
		3	0,089	3	0,078	2	0,067	2	0,071	1	0,075	1	0,090	1	0,114	1	0,083
		3	0,094	2	0,072	2	0,077	1	0,066	1	0,070	1	0,123	1	0,144	1	0,080
				2	0,088	1	0,091	1	0,081	1	0,089	1	0,118	1	0,108	1	0,068
				2	0,092			1	0,083	1	0,074	1	0,099	1	0,109	1	0,075
								1	0,074			1	0,089	1	0,101	1	0,078
												1	0,112	1	0,109	1	0,066
												1	0,105	1	0,112		
												1	0,100	1	0,109		
														1	0,120		
														1	0,102		
														1	0,159		
														1	0.160		
8	0,058	13	0,101	16	0,081	11	0,082	11	0,064	6	0,078	10	0,104	14	0,123	8	0,071

Bei Betrachtung der in der Tabelle angeführten Mittelwerthe ergibt sich ohne Weiteres ein bedeutendes Schwanken in dem Calciumgehalt der Leberzellen verschiedener Entwicklungsstufen.

Während beispielsweise das ausgewachsene Rind nur 0,071% Calcium in Bezug auf die Trockensubstanz der genannten Zellen aufweist, finden wir bei Kälbern den Gehalt an diesem Metall um mehr als 70% höher.

Aber nicht nur während zweier verschiedener Lebensphasen im Vergleich zu einander kommt ein derartiger Unterschied zum Ausdruck, sondern auch in ein und derselben Lebensperiode treten nicht unbeträchtliche Differenzen zu Tage, wie die Zahlen in der Tabelle zeigen, welche sich auf die Zeit des intrauterinen Lebens beziehen.

Deutlich ist das Ansteigen des Calciumgehaltes zum Schlusse der Fötalzeit, welches sich auch nach der Geburt noch fortsetzt; es ergibt sich jedoch für die Embryonalperiode nicht nur zum letzten Monat hin ein Maximum, sondern es tritt während dieser Periode noch ein zweites Maximum uns entgegen, nämlich bei

Föten von 30 bis 40 cm Länge (entsprechend etwa dem fünften Monat der Gravidität).

Das Minimum des Calciumgehaltes findet sich bei den kleinsten von uns untersuchten Föten, nämlich bei den 20 bis 30 cm langen, die etwa dem vierten Monat der Gravidität entsprechen.

Da in unseren Tabellen die Föten stets nach ihrer Länge gruppirt worden sind, will ich hier einige Angaben machen, die zur Schätzung des Alters derselben dienen und die ich dem Handbuche der thierärztlichen Geburtshilfe von Franck entnehme.

Die Tragzeit des Rindes beträgt circa 300 Tage. Der Fötus wird im dritten Monat 11 bis 12 cm lang, mit 98 Tagen etwa 14 cm lang, erreicht im fünften Monat eine Länge von 35 bis 40 cm, im sechsten Monat etwa 60 cm, im siebenten Monat etwa 70 cm. Im Laufe des achten und neunten Monats beträgt die weitere Längenzunahme etwa je 5 cm. In der ersten Hälfte des zehnten Monats ist der Fötus geburtsreif; zu dieser Zeit repräsentirt er eine Länge von 80 bis 100 cm.

Berücksichtigen wir nun weiter die einzelnen Tabellenstäbe, so sehen wir auch innerhalb jedes einzelnen erhebliche Abweichungen im Calciumgehalt, welche sich wohl zum Theil auf Rasseverschiedenheiten und dadurch bedingte Fehler in der Gruppirung zurückführen lassen. Bei Kälbern und Rindern mag auch die Nahrung in dieser Beziehung von Bedeutung sein.

Wie hier beim Calciumgehalt innerhalb der Fötalperiode je nach den Entwickelungsstufen des Fötus gewisse Unterschiede und Schwankungen sich bemerkbar machten, fanden Meyer[1]) und ich[2]) solche schon früher auch beim Eisengehalte der Leberzellen. Und zwar zeigten sich bezüglich des Eisengehaltes dieser Zellen während der Embryonalzeit ebenso, wie beim Calcium, zwei Maxima und zwei Minima. Das erste Maximum war bei Föten von 20 bis 30 cm, das zweite bei solchen von 70 bis 80 cm Länge zu finden; das erste Minimum lag bei Föten von 40 bis 50 cm Länge, das zweite bei den geburtsreifen Thieren.

1) a. a. O.
2) Diese Zeitschrift Bd. 27 (N. F. Bd. 9) S. 439.

Die Maxima und Minima für den Calcium- und Eisengehalt fallen somit nicht zusammen, wie dieses durch die nachstehende Tabelle und die beigefügte Curventafel aufs deutlichste illustrirt wird.

In der Tabelle stelle ich neben den Calcium- und Eisengehalt auch noch den Gehalt an Schwefel und Phosphor. Die Zahlen geben die für die einzelnen Perioden gewonnenen Mittelwerthe an.

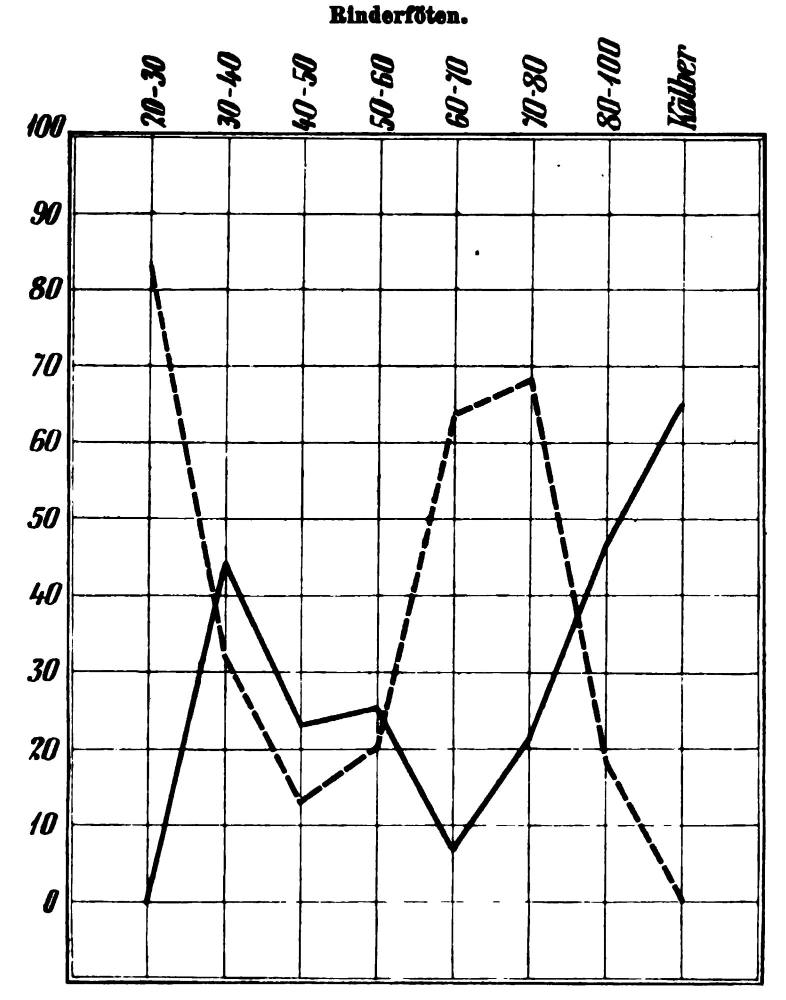
Versuchsobjecte	Ca	Fe	P	S
Föten von 20—30 cm	0,058	0,359	1,75	1,86
„ „ 30—40 „	0,101	0,214	1,74	1,78
„ „ 40—50 „	0,081	0,140	1,71	1,82
„ „ 50—60 „	0,082	0,181	1,73	1,86
„ „ 60—70 „	0,064	0,296	1,65	1,75
„ „ 70—80 „	0,078	0,309	1,69	1,70
„ „ 80—100 „	0,104	0,181	1,72	1,74
Kälber aus der 1. Woche	0,123	0,180	1,46	1,77
„ „ „ 2. „		0,086		
„ „ „ 3. „		0,045		
„ „ „ 4. „		0,032		
Erwachsene Rinder	0,071	0,026	1,30	1,77

Wir entnehmen dieser Tabelle, dass zwischen dem Calcium- resp. Eisengehalt und dem Phosphor- resp. Schwefelgehalt der Leberzellen absolut gar kein Abhängigkeitsverhältniss wahrgenommen werden kann. Anders dagegen zwischen dem Calcium- und Eisengehalt; diese scheinen während der Fötalperiode in gewisser Beziehung sich gegenseitig zu beeinflussen und zwar, wie aus vorstehender Tabelle, noch besser aber aus der Curventafel hervorgeht, derart, dass beim Ansteigen des Calciumgehaltes ein Sinken des Eisengehaltes und umgekehrt stattfindet — es entspricht, mit einer kleinen Verschiebung, dem Minimum des Calciums ein Maximum des Eisens, dem Maximum des Calciums ein Minimum des Eisens; Eisen und Calcium sind in Bezug auf den Gehalt in den fötalen Leberzellen gewissermaassen Antagonisten.

In Betreff der nachstehenden Curventafel muss bemerkt werden, dass die aufsteigenden Zahlen von 0 bis 100 Verhältnisszahlen für

Calcium resp. Eisen darstellen, nicht aber das Gewichtsverhältniss von Calcium zu Eisen. Die ununterbrochene Linie bedeutet Calcium, die gestrichelte Eisen. Die an den Ordinaten angegebenen Zahlen

Rinderföten.



bezeichnen die Länge der Föten in Centimetern. Als Nullpunkt dient das Minimum des Calciums resp. Eisens. Für den Eisengehalt der Leberzellen von Kälbern ist das Mittel aus dem in den ersten 4 Wochen nach der Geburt gefundenen Eisengehalt angegeben.

Eine Erklärung für das erwähnte sonderbare Verhalten von Eisen und Calcium in den fötalen Leberzellen schon jetzt zu geben,

wage ich nicht. Annehmbar wäre es jedoch, dass nicht alle Organsysteme des Embryo gleichzeitig und gleichmässig sich entwickeln, und dass, angesichts dieser Voraussetzung, eine Aufspeicherung von Eisen in den Leberzellen zu der Zeit stattfindet, zu welcher vorwiegend eine Entwickelung des Knochensystems und ein damit verbundener Calciumverbrauch statthat, während umgekehrt bei steigender Blut-(Hämoglobin)bildung und relativem Stillstand in der Knochenentwickelung Verbrauch von Eisen aus und Ablagerung von Calcium in den Leberzellen vor sich geht.

In wie weit eine derartige Annahme richtig sein kann — diese Frage wird die Embryologie lösen müssen.

Fasse ich nun kurz die aus den angeführten Calciumbestimmungen gewonnenen Resultate zusammen, so gelange ich zu folgenden Schlussfolgerungen:

1. Der Calciumgehalt der Leberzellen erscheint am höchsten bei Kälbern und übersteigt den der ausgewachsenen Rinder um circa 70 %.

2. Während der Fötalperiode lassen sich zwei Maxima im Calciumgehalt wahrnehmen: das erste fällt auf den fünften, das zweite auf den zehnten Monat der Tragzeit; zu diesen Zeiten enthalten die Leberzellen circa 45 % mehr Calcium, als bei ausgewachsenen Rindern.

3. Das Minimum des Kalkgehaltes findet sich nach den vorliegenden Untersuchungen bei Föten von 20 bis 30 cm Länge, ein zweites Minimum findet sich bei Föten von 60 bis 70 cm Länge.

4. Geschlecht und Trächtigkeit beeinflussen den Calciumgehalt der Leberzellen nicht.

5. Während der Fötalperiode sind Calcium und Eisen in Bezug auf ihren Gehalt in den Leberzellen Antagonisten.

Zum Schluss will ich erwähnen, dass wir einmal Gelegenheit hatten die Leberzellen eines einjährigen Ochsen zu untersuchen; sie wiesen einen Calciumgehalt von 0,1 % auf. Dieser Versuch ist

in die Tabelle nicht aufgenommen worden, theils seiner Isolirtheit wegen, theils weil wir nicht wussten, in welche Gruppe er dem Sprachgebrauche nach zu rubriciren sei. Dem gefundenen Calciumgehalte nach gehört derselbe unbedingt in die Kälberreihe. Wenn dieser eine Versuch überhaupt einen Schluss gestattet, so wäre es der, dass das Calcium nach der Geburt nur sehr allmählig aus den Leberzellen schwindet.

Ueber den Schwefel- und Phosphorgehalt der Leber- und Milzzellen in verschiedenen Lebensaltern.

(Nach Versuchen der Herren F. Szymkiewicz und H. Walter.)

Von

Dr. med. **Friedrich Krüger**,

Docent an der Universität Dorpat (Jurjew).

Im Bd. XXVII (N. F. IX) dieser Zeitschrift habe ich eine Arbeit veröffentlicht[1]), welche sich mit dem Eisengehalt der Leber- und Milzzellen in den verschiedenen Lebensaltern beschäftigt und zu dem interessanten Ergebnisse geführt hat, dass die quantitativen Verhältnisse dieses Metalles in den Zellen genannter Organe je nach dem Alter des Individuum, selbst während einer und derselben Lebensperiode, gewissen Variationen unterliegen, dass vor Allem aber der Eisengehalt der Leberzellen von Föten und Neugeborenen bedeutend höher, der der Milzzellen dagegen bedeutend niedriger ist, als in den Zellen der betreffenden Organe erwachsener Thiere.

Es war nun nahe gelegt, anzunehmen, dass, wie das Eisen, auch andere Elemente in den Leber- und Milzzellen entsprechend den Altersstufen Schwankungen in Bezug auf die Quantität aufweisen würden.

Daher forderte ich die Herren F. Szymkiewicz[2]) und H. Walter[3]) auf, die reinen Leber- und Milzzellen bezüglich

---

1) S. 439.

2) Ueber den Schwefel- und Phosphorgehalt der Leberzellen etc. Inaug.-Dissert. Dorpat, 1891.

3) Ueber den Phosphor- und Schwefelgehalt der Milzzellen etc. Inaug.-Diss. Dorpat, 1892.

ihres Schwefel- und Phosphorgehaltes in den verschiedenen Entwickelungsstadien einer Analyse zu unterziehen, was um so wünschenswerther erscheinen musste, da sich in der Literatur nur spärliche und mangelhafte Angaben über den Schwefel- und Phosphorgehalt in der Leber und Milz finden, derartige systematische und vergleichende Untersuchungen sogar vollständig fehlen.

I. Literatur.

A. Leber.

Die erste chemische Untersuchung stammt von Vauquelin.[1]) Bei ihm finden wir die Angabe, dass die Leber des Rochen — Raja Batis L. — phosphorsauren Kalk enthält.

Nächst Vauquelin ist in Bezug auf die vorliegende Frage Braconnot[2]) zu erwähnen, der die Leber eines Ochsen analysirte. Zu diesem Zwecke zerrieb er eine gewogene Menge Lebersubstanz fein in einem Mörser, verdünnte die gewonnene Masse mit Wasser und seihte sie durch Taffet. Er gibt an, in 100 Theilen dieses Gemenges 0,47 % phosphorsaurer und schwefelsaurer Kalkerde gefunden zu haben.

Die Leber eines enthaupteten jungen Mannes untersuchten Frommherz und Gugert.[3]) Sie zerschnitten die Leber in kleine Stücke, befreiten dieselben durch Auswaschen mit kaltem Wasser von Galle und Blut, trockneten einen Theil des Organs und äscherten ihn ein. Auf 100 Theile Trockensubstanz fanden sie 2,634 Theile Asche. In dieser konnten sie Chlorkali, phosphorsaures Kali, phosphorsauren und kohlensauren Kalk und Spuren von Eisenoxyd nachweisen.

Eine grössere Anzahl von Lebern von gesunden und kranken Menschen, Säugethieren, Vögeln etc. untersuchte E. v. Bibra[4]) und zwar sowohl auf die organischen, als auch auf die anorganischen Bestandtheile. Zur Bestimmung der anorganischen Bestandtheile wurde die Leber bei möglichstem Ausschluss der Blutgefässe und

1) Annales de Chimie, T. X, 1791.

2) Annales de Chimie et de Physique, T. X, 1791.

3) Jahrb. d. Chemie u. Physik v. Schweigger, Bd. 20, 1827.

4) Chemische Fragmente üb. d. Leber und die Galle, Braunschweig 1849.

Gallengänge in kleine Stücke zerschnitten, bei 80—85 ° R. getrocknet und dann bei möglichst langsamem Feuer eingeäschert, bis die organischen Substanzen ganz verbrannt waren. Darauf wurde die zusammenhängende Kohle mit einem Glasstabe zerkleinert und mit warmem Wasser extrahirt. Nach 6—7 maligem Auslaugen verbrannte die Kohle ziemlich leicht.

Leider bestimmte v. Bibra den Schwefel und Phosphor als schwefel- und phosphorsaures Alkali und weiter den Phosphor mit Kalkerde, Kieselerde und Eisen. Im Allgemeinen fand er die phosphorsauren Salze in reichlicher Menge vertreten, während er das schwefelsaure Alkali in Spuren, nur selten in wägbaren Mengen fand.

Ich schreite jetzt zur Besprechung der letzten mir in Bezug auf den Schwefel- und Phosphorgehalt bekannt gewordenen Arbeit. Es ist das diejenige von H. Oidtmann.[1]) Er entnahm die zu untersuchende Leber bei Menschen gleich nach erfolgter Obduction, bei Thieren möglichst bald nach dem Tode derselben und zerhackte sie rasch und fein mit Stahlmessern. Von dem auf diese Weise gewonnenen Brei benutzte er einen kleinen Theil zur Wasserbestimmung. Diese Portion wurde wiederum in zwei Theile getheilt, um durch zwei Bestimmungen die Resultate zu controlliren. Jede dieser Portionen wurde in einem Uhrschälchen gleichmässig ausgebreitet, im Wasserbade bei einer Temperatur von 40—50 ° C. eingedampft, das Wasserbad am dritten Tage mit einem Sandbade von ca. 80 ° C. auf acht Tage vertauscht. Darauf wurde das Sandbad durch ein Luftbad ersetzt und die Substanz successiv bei 100—110—120 ° C. getrocknet, worauf die ersten Wägungen stattfanden und bis zu mehrtägiger Gewichtsconstanz fortgesetzt wurden.

In der gleichen Weise wurde auch die grössere, zur Einäscherung bestimmte Portion behandelt. Nachdem sie genügend getrocknet war, wurde sie pulverisirt und im Muffelofen auf Glühschalen zunächst verkohlt. Aus der Kohle extrahirte Oidtmann mit Wasser die löslichen Salze, trocknete darauf die Kohle und äscherte sie endlich in Verlauf von 6—7 Stunden bei Rothgluth vollständig ein.

---

1) Die anorgan. Bestandtheile d. Leber u. Milz etc. Gekrönte Preisschr. Linnich 1858.

Die schwefelsauren Salze bestimmte er als Baryumsulfat, die phosphorsauren als pyrophosphorsaure Magnesia, phosphorsauren Kalk und phosphorsaures Eisenoxyd. Seine Angaben für Schwefel und Phosphor sind als Schwefel- und Phosphorsäure gemacht. In der nachstehenden Tabelle habe ich sie auf Schwefel und Phosphor umgerechnet.

	In 100 Th. Trockensubst.	
	Schwefel	Phosphor
1. Leber eines geisteskranken Mannes, 56 a. n. . .	0,0155	1,05
2. Leber eines Mannes, 58 a. n. (Marasmus senilis).	0,0041	0,08
3. Leber eines einige Stunden alten lentischen Kindes	0,0183	1,09

Weitere Angaben über den Schwefel- und Phosphorgehalt der Leber habe ich in der Literatur nicht finden können.

B. Milz.

In Bezug auf den Gehalt der Milz an Phosphor und Schwefel sind die Angaben in der Literatur noch spärlicher.

Diesbezügliche Untersuchungen scheinen bisher nur von Oidtmann[1]) ausgeführt worden zu sein und zwar an den Milzen oben angeführter Männer und der Milz einer geisteskranken Frau. Die Analyse ist ganz in derselben Weise gemacht, wie an der Leber.

Auch hier führe ich seine Zahlen auf Schwefel und Phosphor umgerechnet an.

	In 100 Th. Trockensubst.	
	Schwefel	Phosphor
1. Milz eines geisteskranken Mannes, 56 a. n. . .	0,03	0,38
2. Milz eines Mannes, 58 a. n. (Marasmus senilis) .	Spuren	0,03
3. Milz einer geisteskranken Frau	0,02	0,40

II. Methode der Untersuchung.

Das zu den nachfolgenden Untersuchungen verwendete Material bestand aus Rinderföten, Kälbern und erwachsenen Rindern.

1) a. a. O.

Die Föten wurden uns gleich nach dem Abschlachten des Mutterthieres zugestellt und an demselben Tage, spätestens nach 12—16 Stunden, verarbeitet. Zur Altersbestimmung der Föten benutzten wir die Länge derselben, wobei die Maasse von der Nasenspitze bis zur Schwanzwurzel genommen wurden; die Analysen sind von 10 zu 10 cm fortschreitend gruppirt.

Das Kälbermaterial erhielten wir von benachbarten Gütern entweder lebend mit genauer Altersangabe zugeschickt, oder aber das Material wurde gleich an Ort und Stelle bis zu einem gewissen Grade verarbeitet.

Die Analysen wurden an reinen, vielfach ausgewaschenen Milz- und Leberzellen ausgeführt. Die Art und Weise der Gewinnung reiner Zellen habe ich schon früher ausführlich beschrieben.[1])

Die Schwefel- und Phosphorbestimmungen wurden, um eine Controlle für die Richtigkeit der Resultate zu haben, stets in zwei Portionen von bestimmtem Gewicht ausgeführt und zwar in folgender Weise:

Eine bestimmte Quantität des vorher getrockneten und pulverisirten Zellenbreies (Zellenpulver) wurde mit der 20fachen Menge eines Gemisches von Kali nitricum und Natron carbonicum āā innig verrieben und in einem Silbertiegel, in welchem vorher etwas Kali hydricum mit Kalisalpeter geschmolzen war, bis zum vollständigen Verschwinden der Kohle und Aufhören des Schäumens erhitzt. Darauf wurde die flüssige Masse abgekühlt, wobei sie erstarrte, und dann in heissem Wasser gelöst und filtrirt.

Das gewonnene Filtrat wurde in einem Erlenmeyer'schen Kölbchen mit concentrirter Salzsäure versetzt, auf dem Dampfbade in einer Porzellanschale bis zur Trockene eingedampft, wiederum gelöst, mit Salzsäure versetzt und nochmals eingedampft.

Die auf diese Weise gewonnene krystallinische Masse wurde in möglichst wenig Wasser gelöst, filtrirt und in schwach saurer Lösung mittelst Chlorbaryum der Schwefel als schwefelsaurer Baryt gefällt und abfiltrirt.

Nach dem Trocknen wurde das Filter mit dem Rückstand unter Zusatz von einigen Tropfen concentrirter Salpetersäure bei schwacher

1) a. a. O.

Rothgluth verbrannt. Aus dem Baryumsulfat wurde der Schwefel nach der Proportion $BaSO_4 : S = 1 : 0,13752$ berechnet.

Das obige Filtrat wurde mit concentrirter Salpetersäure und hierauf mit Ammon. molybdaenic. bis zur deutlichen Gelbfärbung versetzt. Der gebildete gelbe Niederschlag von Phosphor-Molybdänsäure wurde nach 24 Stunden abfiltrirt, in Ammoniak gelöst und mit schwefelsaurer Magnesia in Gegenwart von Chlorammonium als phosphorsaure Ammoniakmagnesia gefällt. Dieser Niederschlag, nach ca. 8—10 Stunden abfiltrirt, gab bei starkem Glühen pyrophosphorsaure Magnesia, aus welcher der Phosphorgehalt nach der Proportion

$$Mg_2P_2O_7 : P_2 = 1 : 0,27928$$

berechnet wurde.

Es ist selbstverständlich, dass alle angewandten Reagentien schwefel- und phosphorfrei waren, und dass nur sogenannte aschefreie Filtra angewandt wurden.

III. Versuchsresultate.

Die Versuchsergebnisse sind in den nachstehenden Tabellen, die wohl keiner weiteren Erläuterungen bedürfen, wiedergegeben. Die Werthe für den Schwefel und Phosphor sind auf 100 Theile Trockenrückstand der reinen Zellen berechnet. Die Kälber sind dem Alter nach, die Föten nach ihrer Länge geordnet. Da in einer grossen Anzahl von Versuchen eine Leber resp. eine Milz zu einer genauen Analyse nicht genügte, so waren wir gezwungen zu einer Untersuchung eine grössere Zahl der betreffenden Organe zu verwenden; es ist daher in den Tabellen jedem Versuche die Zahl der benutzten Lebern resp. Milzen beigefügt.

Im Ganzen gelangten zur Untersuchung 133 Lebern in 81 Analysen und 170 Milzen in 66 Analysen.

Ich gehe jetzt zur näheren Betrachtung der in den Tabellen wiedergegebenen Befunde über.

Tabelle I umfasst die Leberuntersuchungen.

Es ergiebt sich aus derselben

1. dass der Schwefelgehalt der Leberzellen während aller Lebensperioden im Mittel nahezu der gleiche ist, dass er jedoch auch bei gleichalterigen Thieren innerhalb gewisser Grenzen individuellen Schwankungen unterworfen ist;

2. dass beim Phosphor sich je nach der Lebensperiode in dem Gehalte gewisse Unterschiede geltend machen, welche sich dahin charakterisiren lassen:

a) am reichsten an Phosphor sind die Leberzellen der Föten, und ist der Gehalt

Tabelle 1.

Schwefel- und Phosphorgehalt der Leberzellen.

Rinderföten nach der Länge geordnet (10 bis 50 cm)

Zahl d. Leb.	10 bis 30 cm S	10 bis 30 cm P	Zahl d. Leb.	30 bis 40 cm S	30 bis 40 cm P	Zahl d. Leb.	40 bis 50 cm S	40 bis 50 cm P
6	2,02	1,76	4	1,61	1,68	4	1,95	1,65
5	1,72	1,82	3	1,91	1,91	3	1,82	1,78
5	1,80	1,70	3	1,68	1,72	3	1,62	1,63
3	1,88	1,72	3	1,79	1,64	2	1,74	1,91
			2	1,87	1,84	2	1,84	1,71
			2	1,95	1,68	2	1,91	1,61
19	1,86	1,75	17	1,78	1,74	16	1,82	1,71

Rinderföten nach der Länge geordnet (50 bis 100 cm)

Zahl d. Leb.	50 bis 60 cm S	50 bis 60 cm P	Zahl d. Leb.	60 bis 70 cm S	60 bis 70 cm P	Zahl d. Leb.	70 bis 80 cm S	70 bis 80 cm P	Zahl d. Leb.	80 bis 100 cm S	80 bis 100 cm P
3	2,03	1,77	3	1,76	1,60	1	1,70	1,65	1	2,05	1,76
3	1,65	1,65	2	1,71	1,56	1	1,75	1,73	1	1,89	1,79
3	2,02	1,73	2	1,76	1,52	1	1,82	1,56	1	1,51	1,65
3	2,04	1,70	2	1,84	1,71	1	1,86	1,66	1	1,90	1,74
2	1,69	1,93	1	1,80	1,63	1	1,56	1,75	1	1,79	1,64
2	1,64	1,66	1	1,66	1,98	1	1,74	1,87	1	1,62	1,57
2	1,84	1,79	1	1,64	1,57	1	1,62	1,63	1	1,72	1,60
1	1,71	1,59	1	1,85	1,77	1	1,62	1,83	1	1,59	1,86
			1	1,66	1,62	1	1,56	1,60	1	1,63	1,80
			1	1,76	1,71	1	1,76	1,61	1	1,84	1,79
			1	1,70	1,73				1	1,75	1,72
									1	1,60	1,68
19	1,86	1,78	16	1,75	1,65	10	1,70	1,69	12	1,74	1,72

Kälber Zahl d. Leb.	Kälber S	Kälber P	Ochsen Zahl d. Leb.	Ochsen S	Ochsen P	Kühe Zahl d. Leb.	Kühe S	Kühe P
1	1,58	1,57	1	1,61	1,26	1	1,70	1,21
1	1,80	1,52	1	1,76	1,27	1	1,67	1,42
1	1,67	1,43	1	1,71	1,06	1	1,74	1,13
1	1,89	1,33	1	1,82	1,38	1	1,79	1,39
1	1,80	1,30	1	1,85	1,53	1	1,73	1,29
1	1,98	1,37						
1	1,82	1,66						
1	1,81	1,57						
1	1,77	1,53						
1	1,71	1,50						
1	1,73	1,47						
1	1,54	1,33						
1	1,96	1,35						
1	1,77	1,46						
14	1,77	1,46	5	1,75	1,30	5	1,73	1,29

Tabelle II.
Schwefel- und Phosphorgehalt der Milzzellen.

Rinderföten nach der Länge geordnet: 30 bis 40 cm			40 bis 50 cm			50 bis 60 cm			60 bis 70 cm			70 bis 80 cm			80 bis 90 cm			90 bis 100 cm			Kälber			Ochsen			Kühe		
Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P	Zahl d. Milz.	S	P
10	2,17	2,51	4	2,28	2,27	4	2,13	2,31	3	2,09	2,28	2	2,02	2,03	2	2,04	1,69	1	1,76	1,49	1	1,61	1,74	1	2,04	1,42	1	2,06	1,61
12	2,11	2,40	3	2,26	2,37	4	2,11	—	3	2,06	2,06	2	2,20	1,95	1	2,72	1,78	2	1,92	1,57	1	1,72	1,72	1	1,82	1,39	1	1,86	1,58
9	1,66	2,20	6	1,93	2,16	3	1,98	2,34	3	1,82	2,05	2	2,60	1,81	1	2,24	1,58	1	1,78	1,31	1	1,80	1,80	1	1,78	1,32	1	1,82	1,00
			9	1,59	2,61	4	2,12	2,58	3	2,46	2,19	2	2,16	2,04	1	2,08	1,89	1	1,99	1,48	1	1,74	1,84	1	1,66	1,83	1	2,17	0,90
			9	1,84	2,67	5	1,80	2,32	3	2,27	2,04	2	2,69	1,92	1	1,85	1,41	1	1,94	1,50	1	1,82	1,77						
			5	1,95	2,29	4	2,30	2,31	3	2,07	2,28	1	1,98	2,01	1	2,22	1,57	1	2,88	1,46	1	1,75	1,81						
			5	2,46	2,32	2	1,67	2,58	3	1,97	2,15	1	1,91	2,12	1	2,42	1,86				1	1,76	1,72						
									2	2,06	1,92	2	1,99	1,73	1	1,72	1,90				1	1,64	1,97						
									1	2,04	2,80										1	1,81	2,02						
																					1	1,57	1,77						
31	2,00	2,38	41	1,96	2,43	26	2,04	2,39	24	2,10	2,13	14	2,23	1,94	9	2,15	1,70	7	1,96	1,48	10	1,72	1,82	4	1,83	1,37	4	1,98	1,26

an ihm während der ganzen Fötalperiode im Mittel beinahe gleich,

b) gleich nach der Geburt nimmt der Phosphorgehalt der Leberzellen bedeutend ab und erscheint bei erwachsenen Thieren noch niedriger, als bei Kälbern;

3. weder bezüglich des Schwefel- noch des Phosphorgehaltes ist das Geschlecht von Einfluss.

Ueberblicken wir nun die Tabelle II, in der die für die Milz gefundenen Wertheangegeben sind, so finden wir bei Betrachtung der Mittel für den Gehalt an Schwefel in den einzelnen Altersperioden allerdings geringe Schwankungen, die jedoch wohl mehr als zufällige anzusehen sind. Sehen wir nämlich die einzelnen Zahlen näher an, so müssen sofort die bedeutenden individu-

ellen Schwankungen in jeder einzelnen Altersperiode auffallen, so dass die Annahme wohl berechtigt erscheint, dass durch zufälliges Ueberwiegen der einen oder der anderen diese Differenzen in den Mittelwerthen hervorgerufen sein könnten. Allenfalls könnte man in Bezug auf den Schwefelgehalt der Milzzellen von Kälbern sagen, dass er im Vergleich zu dem der fötalen Milzzellen um ein Geringes vermindert erscheine.

Was nun die für den Phosphor gefundenen Mittelwerthe anbetrifft, so finden wir, dass sie bei Föten zwischen 30 und 60 cm Länge fast die gleichen sind, von hier ab aber bis zur letzten Zeit des intrauterinen Lebens stetig abnehmen, im Ganzen um etwa 38%.

Gleich nach der Geburt finden wir wieder ein nicht unbedeutendes Ansteigen des Phosphorgehaltes (um etwa 23%), während er beim erwachsenen Rinde am niedrigsten erscheint.

Auch beim Phosphor finden wir innerhalb der einzelnen Altersperioden Schwankungen; dieselben sind jedoch nicht so bedeutend wie beim Schwefel.

Endlich sei noch auf eine Differenz, die sich bei den Mittelwerthen, betreffend den Phosphorgehalt der Milzzellen von Kühen und Ochsen, bemerkbar macht, hingewiesen. Bei Kühen handelte es sich um 2 Thiere von 3 Jahren (die 2 ersten) und um 2 von 7 Jahren (die 2 letzten), während die Ochsen 3 bis 4 Jahre alt waren. Da nun die Milzen der 7jährigen Kühe einen bedeutend niedrigeren Gehalt an Phosphor aufweisen, als die der übrigen erwachsenen Rinder, so dürfte es wohl richtiger sein, die Differenz in den Mittelzahlen nicht auf das Geschlecht, sondern auf Altersunterschiede zurückzuführen.

Kurz zusammengefasst erlauben die Untersuchungen an der Milz folgende Schlussfolgerungen:

1. Der Schwefelgehalt der Milzzellen scheint bei Föten der verschiedenen Perioden und bei erwachsenen Rindern nahezu gleich zu sein; bei Kälbern ist er ein wenig niedriger.

2. Der Phosphorgehalt der Milzzellen ist am höchsten bei Föten zwischen 30 und 60 cm, nimmt darauf bis zum Eintritt der Geburt allmählich ab, steigt nach

der Geburt plötzlich wieder an und erscheint am niedrigsten beim erwachsenen Rinde.

3. Weder bezüglich des Schwefel- noch des Phosphorgehaltes ist das Geschlecht von Einfluss.

Die Tabelle III, die ich nun folgen lasse, soll dem Leser den Vergleich bezüglich der Vertheilung des Schwefels und Phosphors in den Zellen der Leber und Milz erleichtern. Einer Erklärung bedarf sie wohl nicht.

Tabelle III.

Versuchsobject	Schwefel		Phosphor	
	Leber	Milz	Leber	Milz
Föten von 30 — 40 cm	1,78	2,00	1,74	2,38
„ „ 40 — 50 „	1,82	1,96	1,71	2,48
„ „ 50 — 60 „	1,86	2,04	1,73	2,39
„ „ 60 — 70 „	1,75	2,10	1,65	2,18
„ „ 70 — 80 „	1,70	2,23	1,69	1,94
„ „ 80 — 90 „	} 1,74	2,15	} 1,72	1,70
„ „ 90 — 100 „		1,96		1,48
Kälber	1,77	1,72	1,46	1,82
Kühe	1,78	1,98	1,29	1,26
Ochsen	1,75	1,83	1,30	1,37

Wir ersehen aus dieser Tabelle zunächst in übersichtlicher Weise die schon oben angeführten Verhältnisse des Schwefels und Phosphors in der Leber und der Milz von Föten, Kälbern und erwachsenen Rindern. Weiterhin können wir ihr aber auch entnehmen, dass während der Fötalperiode der Schwefelgehalt der Milzzellen den der Leberzellen um ein Bedeutendes überwiegt und zwar im Mittel um ungefähr 16%. Nach der Geburt erscheint der Schwefelgehalt der Leber- und Milzzellen annähernd gleich, bedingt durch den Abfall des Schwefelgehaltes der Milzzellen; bei erwachsenen Rindern wiederum sind die Milzzellen um etwa 9% reicher an Schwefel als die Leberzellen.

Der Phosphorgehalt der Leberzellen ist während der ganzen Fötalperiode annähernd gleich; in den Milzzellen zeigt er bis zur Länge des Fötus von 60 cm sich gleich hoch; von dieser Zeit bis zur Geburt sinkt er stetig, wodurch eine Aenderung in dem Verhältniss

zwischen dem Phosphorgehalt der Leber- und Milzzellen sich bemerkbar macht: während die Milzzellen bei Föten von 30 bis 60 cm Länge etwa 39 % Phosphor mehr aufweisen, als die Leberzellen, ist der Phosphorgehalt bei Föten von 80 bis 90 cm in beiden Zellenarten gleich gross. Bei Föten von 90 bis 100 cm Länge enthalten die Leberzellen etwa 16 % mehr Phosphor, als die Milzzellen.

Gleich nach der Geburt kehrt sich dieses letztgenannte Verhältniss jedoch wieder um, so dass in den Milzzellen der Phosphorgehalt den der Leberzellen um ca. 25 % überwiegt.

Erwachsene Rinder enthalten in den Leber- und Milzzellen gleich viel Phosphor, jedoch bedeutend weniger als Kälber und Föten.

Es sei mir gestattet, in Kürze anschliessend an die vorstehend gemachten Mittheilungen noch die an Menschenlebern ausgeführten Analysen meines Schülers L. v. Lingen[1]) zu erwähnen. Sie beziehen sich auf den Schwefel-, Phosphor- und Eisengehalt.

In Bezug auf die Literatur und die Methode der Untersuchung verweise ich auf diese und meine frühere, schon mehrfach citirte, Arbeit.[2])

Als Material zur Untersuchung dienten Lebern von Individuen, welche eines plötzlichen Todes gestorben waren, bald darauf zur Section gelangten, und bei denen durch die gerichtliche Obduction eine gröbere pathologisch-anatomische Veränderung, wenigstens mit blossem Auge, nicht nachzuweisen war und Fäulnisserscheinungen ausgeschlossen werden konnten. Nur in zwei Fällen handelte es sich um eine Fettleber mittleren Grades.

Herr Prof. B. Körber stellte uns das Leichenmaterial des hiesigen gerichtsärztlichen Institutes auf's Liebenswürdigste zur Verfügung, wofür ihm an dieser Stelle unser Dank ausgesprochen sei.

1) Ueber den Gehalt der Leberzellen des Menschen an Phosphor, Schwefel und Eisen. Inaug.-Diss. Dorpat, 1891.

2) a. a. O.

Im Ganzen gelangten zur Untersuchung 12 Lebern, und zwar 10 von Erwachsenen (9 Männer, 1 Weib) und 2 von Neugeborenen. Diese beiden letzteren Organe mussten, weil eines für sich allein nach der Verarbeitung eine zu geringe Quantität gab, zu einem Versuche vereinigt werden. Zwei von den Lebern Erwachsener zeigten, wie schon erwähnt, fettige Degeneration mittleren Grades, wesshalb ich sie nicht in Tabelle IV aufnehmen, sondern gesondert in Bezug auf den Gehalt an den betreffenden Elementen wiedergeben werde.

Tabelle IV.

Versuchsobject	Schwefel	Phosphor	Eisen
1. Mann, 58 a. n. † durch Shok	2,14	1,24	0,054
2. Mann, 38 a. n. † durch Gerathen unter einen Eisenbahnzug	2,24	1,48	—
3. Mann, 50 — 60 a. n. † durch Vergiftung mit Baryumsalz	2,42	1,40	0,040
4. Mann, 28 a. n. † durch Gerathen zwischen Mühlräder	2,66	1,31	0,064
5. Mann, 40—50 a. n. † durch Erhängen	2,50	1,31	0,034
6. Mann, 48 a. n. Plötzlicher Tod (?)	2,68	1,30	0,104
7. Mann, 70 a. n. † durch Herzparalyse	2,23	1,05	0,231
8. Weib, 44 a. n. † durch Erstickung	2,20	1,17	0,088
9. Zwei Neugeborene. † beider durch Erstickung	3,56	1,54	0,314

Nach diesen Versuchen finden wir im Mittel für den Trockenrückstand der Leberzellen erwachsener Menschen 2,41% Schwefel, 1,28% Phosphor und 0,077% Eisen, oder, wenn wir von Fall 7, der meiner Ansicht nach schon durch das hohe Alter und die dadurch bedingten senilen Veränderungen bei der Berechnung des Mittels ausgeschlossen werden müsste (siehe den unverhältnissmässig hohen Eisengehalt), absehen, 2,38% Schwefel, 1,28% Phosphor und 0,055% Eisen.

In den Lebern der Neugeborenen hingegen fanden wir 3,56% Schwefel, 1,54% Phosphor und 0,314% Eisen.

Diese Befunde stimmen bezüglich des Phosphors und Eisens mit den Befunden an der Leber der Rinder überein, denn wir fanden, dass bei Kälbern der Phosphorgehalt ein höherer sei, als

beim erwachsenen Rinde. Ganz dasselbe gilt für den Eisengehalt[1]). Beim Neugeborenen ist er etwa sechsmal grösser, als beim Erwachsenen, beim Kalbe in der ersten Woche etwa siebenmal grösser, als beim ausgewachsenen Rinde. Nur in Betreff des Schwefels zeigt sich zwischen Mensch und Rind eine kleine Abweichung insofern, als beim Rinde der Schwefelgehalt der Leberzellen in allen Lebensperioden nahezu der gleiche ist, beim Menschen hingegen beim Neugeborenen der Schwefel in den Leberzellen zu überwiegen scheint. Uebrigens berechtigt dieser eine Versuch noch nicht zu endgültigen Schlüssen, vielmehr sind weitere Untersuchungen nach dieser Richtung abzuwarten.

Die beiden fettig degenerirten Lebern ergaben 2,18 resp. 1,95 % Schwefel, 1,04 resp. 0,87 % Phosphor und 0,176 resp. 0,079 % Eisen. Wenn diese Zahlen irgend welche Schlüsse erlauben, so müssten dieselben dahin lauten: Bei der fettigen Degeneration der Leber nimmt der Phosphor-, vielleicht auch der Schwefelgehalt der Leberzellen ab, der Eisengehalt dagegen zu.

1) a. a. O.

Ueber die Eischalenhäute von Echidna aculeata (E. hystrix) und der Wirbelthiere im Allgemeinen.

Von

R. Neumeister

in Jena.

Die Eier der monotremen Säugethiere sind im extrauterinen Zustande ein äusserst seltener Fund. Nur einzelner Exemplare davon konnte man bisher habhaft werden.

Meinem Collegen R. Semon ist es auf seiner Forschungsreise in Australien geglückt, mehrere derartige Eier in dem Beutel von Echidnenweibchen aufzufinden. Die in Alkohol conservirten Schalenhäute wurden mir freundlichst zur chemischen Untersuchung überlassen, deren Resultate ich hierunter berichten will.

Die Eischalenhaut von Echidna aculeata bildet eine im Wasser etwas quellende, im feuchten Zustande lederartig anzufühlende Membran von gelbbrauner Farbe. Manche Exemplare sind indessen hellgelb gefärbt. Ausser dieser äusseren Haut umgibt das Ei noch eine innere, viel dünnere Membran, welche sich chemisch der ersteren gleich verhält.

Zur Reinigung wurden die Eischalen 24 Stunden in 1% Soda verbracht, zwischen den Fingern abgerieben, mit destillirtem Wasser gehörig ausgelaugt und sodann einen Tag in 1 % Salzsäure gegeben, welche nach dem Abdunsten kaum einen Rückstand hinterliess.

Nochmals mit destillirtem Wasser gehörig ausgewaschen, gaben Proben der Haut die Xanthoproteïn- und die Millon'sche Reaction in ausgesprochener Weise. Das Benetzen mit wenig Natron-

lauge und Bleiacetat* hatte beim Erwärmen sogleich eine tiefe Schwarzfärbung zur Folge.

In 2% Kalilauge gegeben, war ein Stückchen der Membran nach vier Tagen fast durchsichtig geworden. Kurze Erwärmung auf Siedetemperatur genügte, um nach wenigen Minuten eine völlige Lösung der Substanz herbeizuführen. Die alkalische Flüssigkeit gab nach dem Hinzufügen von wenig Kupferlösung deutliche Biuretreaction und wurde beim Zusatz von einigen Tropfen Bleiacetat dunkelbraun.

50% Kalilauge dagegen bewirkte bereits in der Kälte nach vier Tagen einen völligen Zerfall und auch eine theilweise Lösung der Membran. Kurzes Erwärmen liess eine klare Flüssigkeit entstehen.

Durch concentrirte Schwefelsäure wurde nach mehrtägigem Stehen ein Zerfall der Membran herbeigeführt, ohne dass in der Folge der Detritus sich löste. Verdünnte Schwefel- oder Salzsäure (5%) vermochten die Haut selbst nach wochenlangem Stehen nicht im geringsten zu verändern. In der Siedehitze dagegen wurde die Membran von 5% Salzsäure nach etwa 5 Stunden verflüssigt. Die so entstandene Lösung enthielt keine Substanz, welche alkalische Kupferlösung reducirt hätte.

Pankreassaft, welcher eine Fibrinflocke nach 5 Minuten verschwinden liess, zeigte auf die Eischale im Verlaufe von acht Tagen durchaus keine Einwirkung. Energisch wirkender Magensaft dagegen liess nach 24stündigem Verweilen im Brütofen die Ränder der Membran dnrchsichtig werden, um das Ganze nach 48 Stunden vollkommen zu lösen.

Ein Theil der Eischale wurde endlich durch mehrtägiges Verbringen in absoluten Alkohol entwässert und bei 105° C. getrocknet, Sie bildete hierauf eine hornartige, äusserst spröde Masse, welche sich leicht zu einem feinen Pulver zerreiben liess. Dasselbe enthielt etwa 5% Schwefel. Doch soll bemerkt werden, dass die Schwefelbestimmung aus Mangel an Material mit nur 0,06 g Substanz ausgeführt wurde.

Die angeführten Reactionen, namentlich der hohe Schwefelgehalt, die verhältnissmässig leichte Löslichkeit in Lauge und die

völlige Unverdaulichkeit der Membran durch Trypsin schliessen — woran man denken musste — einen elastinartigen Charakter derselben aus und verweisen vielmehr die Eischalenhaut der Echidna in die Reihe der Keratine.

Hiergegen würde nur ihre, wenn auch ungemein schwer erfolgende, Verdaulichkeit durch Magensaft sprechen.

In dieser Beziehung ist indessen eine Beobachtung von Krukenberg[1]) von Interesse, welcher fand, dass die keratinösen Hüllen um die Eier von Scyllium stellare, wenn letztere dem Uterus entnommen waren, zwar nicht von Trypsin, dagegen von Pepsin verdaut wurden, während mit zunehmendem Alter und speciell in dem Stadium, wo die Eier bereits abgelegt sind, die Schalensubstanz sich den proteolytischen Enzymen gegenüber als ebenso widerstandsfähig erweist, wie die übrigen Keratine.

Aehnliches scheint auch v. Morochowetz beobachtet zu haben. Wenigstens bemerkt Kühne[2]): „Hinsichtlich der Resistenz des Keratins zeigen neuere Erfahrungen von Dr. Morochowetz, dass es jedoch verhornte Gewebe, namentlich der Oberhaut gibt, welche sehr kräftigen Pepsinsäuren erliegen, besonders nach vorausgegangenem Kochen mit Wasser."

Aus der mitgetheilten Beobachtung von Krukenberg lässt sich schliessen, dass die von der Schleimhaut des Oviductes im flüssigen Zustande abgesonderten und erst später zu Keratin erstarrenden Eischalenhäute von Scyllium stellare erst nachdem die Eier abgelegt sind, vielleicht durch eine weitere Verdichtung, eine vollkommene Resistenz gegen die peptische Verdauung gewinnen. Da die Eier der Echidna niemals nach aussen, sondern nur in den Beutel gelangen, erscheint somit die verhältnissmässig geringere Widerstandsfähigkeit ihrer Eischalenhaut auch im extrauterinen Zustande erklärlich.

1) W. Krukenberg, Ueber die chemische Beschaffenheit der sogenannten Hornfäden bei Mustelus und über die Zusammensetzung der keratinösen Hüllen um die Eier von Scyllium stellare. Mittheilung. der zoolog. Station zu Neapel, Bd. 6, 1885, Heft 2 S. 295.

2) W. Kühne, Untersuchungen aus dem physiol. Institut der Universität Heidelberg, Bd. 1, 1877, Heft 2 S. 220.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen der organischen Grundsubstanzen von Eischalen verschiedener Wirbelthiere haben ergeben, dass dieselben in ihrem chemischen Verhalten wechseln, meist aber zu den Keratinen zu stellen sind. Wenige nähern sich in ihren Eigenschaften den Elastinen, ohne indessen jemals, wie es scheint, alle Eigenschaften dieser Albuminoïdgruppe ausnahmslos zu besitzen. Mucin ist bisher nur als Hülle der Froscheier gefunden worden.[1])

Aus einem typischen Keratin besteht die Eischalenhaut der Hühner[2]) und vermuthlich der Vögel überhaupt, sowie der abgelegten Eier von Scyllium stellare.[3]) Auch bei anderen Selachiern sind die Eischalen keratinöser Natur, so bei Raja quadrimaculata[4]), bei Myliobatis aquila[5]) und, wie ich hinzufügen kann, bei Pristiunis melanostomus.

Dasselbe ist nach meinen Befunden der Fall bei gewissen Sauriern und Hydrosauriern, nämlich bei Calotes jubatus, Ptychozoon homalocephalus und Crocodilus biporcatus (5,35 % Schwefel enthaltend), deren Eischalen ebenfalls der Sammlung von Professor Semon entstammten. Sämmtliche Membramen verhielten sich gegen die verschiedenen Reagentien durchaus wie das Keratin der Hühnereischalen.

Die Eischalenhaut von Scyllium canicula stimmt mit den Keratinen zwar darin überein, dass sie sich verhältnissmässig leicht in verdünnter kalter Natronlauge auflöst und andererseits durch

---

1) Giacosa, Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. 7, 1883, S. 40. — Wolfenden, Journ. of Physiol. Bd. 5, 1884, S. 91.

2) Hammarsten u. V. Lindwall, Ueber die Schalenhaut des Hühnereies. Jahresber. f. Thierchemie Bd. 11, 1881, S. 38. Vergl. auch W. Krukenberg, Vergleichend-physiologische Studien, II, 1. Abth., 1882, S. 66. Das Dotterhäutchen des Hühnereies weicht indessen in seinem chemischen Verhalten vom Keratin der Schalenhaut ab, da es nach meinen Befunden durch kräftigen Pankreassaft nach 24stündiger Einwirkung verdaut wird, wiewohl es gegen Magensaft, ebenso wie die entkalkte Schalenhaut, völlig resistent ist.

3) W. Krukenberg, a. a. O.

4) S. L. Schenk, Die Eier von Raja quadrimaculata. Sitzungsber. der Wiener Akad. Bd. 68, I, 1874, S. 363.

5) W. Krukenberg, Ueber die Verschiedenartigkeit des organischen Substrates der Eischalen von Wirbelthieren. Vergleichend-physiolog. Studien, II, 1. Abth., S. 62—68.

Pankreassaft selbst nach tagelanger Einwirkung nicht angegriffen wird, entfernt sich dagegen von den Hornsubstanzen durch ihre Verdaulichkeit in Magensaft. Krukenberg[1]) hat desshalb zunächst Bedenken getragen, die Eischale von Scyllium canicula zu den Keratinsubstanzen zu stellen, wiewohl dieselbe zweifellos Schwefel enthielt. Später indessen ist dieser Forscher zur Anschauung gelangt, dass zwischen den Eihüllen von Scyllium canicula und von Myliobatis keine durchgreifenden chemischen Differenzpunkte bestehen, und dass ihr verschiedenes Verhalten gegen die Magenverdauung auf Altersunterschiede der Schalenhaut zu beziehen sind.[2])
Der Eischale von Scyllium canicula würde sich nach meinen Befunden diejenige von Echidna aculeata anreihen, da beide Substanzen in ihren Reactionen ziemlich übereinstimmen.

Ein eigenthümliches Verhalten zeigt die organische Grundsubstanz der Eihülle von Coluber natrix. Hilger[3]), welcher dieselbe zuerst untersuchte, beschreibt sie als einen äusserst resistenten, eiweissartigen Körper, der frei ist von Schwefel und Phosphor.

Unlöslich in Säuren, ist derselbe gegenüber verdünnter und concentrirter Kalilauge resistent, selbst nach monatlanger Einwirkung. Demnach glaubt Hilger, dass die entkalkte Membran der Ringelnattereier unbedingt dem Elastin am nächsten steht, wenn auch die absolute Resistenz gegen Kalilauge bei diesem nicht vorliegt.

Diese völlige Widerstandsfähigkeit gegen gesättige Lauge vermochte übrigens W. Engel[4]) bei seiner Untersuchung des gleichen Materials nicht zu constatiren. Aber in diesem Falle waren die Reptilieneier aus den Thieren herausgeschnitten worden, befanden sich also vielleicht in einem weniger widerstandsfähigen Jugendzustande, als die von Hilger verwendeten. Andererseits aber hat Krukenberg[5])

1) W. Krukenberg, Vergleichend-physiol. Studien, II, 1. Abth. S. 68.

2) W. Krukenberg, Mittheilung der zoolog. Station zu Neapel, Bd. 6, 1885, S. 295.

3) Hilger, Ueber d. chemischen Bestandtheile des Reptilieneies. Bericht der deutschen chem. Ges. Bd. 6, 1873, S. 165.

4) Walfr. Engel, Beiträge zur Kenntniss der organischen Grundsubstanz der Schalen von Reptilieneiern etc. Zeitschr. f. Biol. N. F. Bd. 9, 1890, S. 378.

5) W. Krukenberg, Ueber die chemische Beschaffenheit der Eischale von Mustelus laevis und Tropidonotus natrix. Vergleichend-physiol. Studien, II, 2. Abth. S. 91.

gezeigt, was ich bestätigen kann, dass die organische Substanz der Ringelnatter-Eischalen gekocht wie ungekocht, im Gegensatz zum Elastin und hierin mit dem Keratin übereinstimmend, sich gegenüber den eiweissverdauenden Enzymen durchaus resistent erweist, so dass man sie mit Rücksicht auf die Befunde von Hilger als Keratoelastin bezeichnen möchte.

Noch mehr scheinen dem Elastin die Eischalen von Mustelus laevis[1]) sich zu nähern, namentlich durch die Unlöslichkeit in kalter Natronlauge und andererseits durch die Verdaulichkeit in Magen- und Pankreassaft. Allerdings scheint das Fehlen von Schwefel in dieser Substanz nicht constatirt zu sein, womit ihre Stellung in die Reihe der Elastine erst gesichert wäre.

Bei den Wirbellosen bestehen die Eihüllen wohl vorwiegend aus Chitin oder Skeletinen. Dass aber auch bei ihnen keratinöse Eischalen vorkommen, haben die Befunde von Krukenberg und und W. Engel an Murex[2]) wahrscheinlich gemacht.

Wie bereits angedeutet wurde, geben die Schalenhäute von Echidna beim Behandeln mit verdünnter Salzsäure keinen Kalk an die Flüssigkeit ab.

Andere Schalenhäute, welche gleichfalls nach aussen von keiner zusammenhängenden Kalkschale überkleidet sind, enthalten wenigstens mehr oder weniger bemerkenswerthe Einlagerungen von Kalksalzen. So fand ich bei einigen Exemplaren von Calotes nicht unwesentliche Mengen von Calciumcarbonat.

Die von Hilger[3]) untersuchten Ringelnatterschalen führten in ihrer organischen Grundmembran quantitativ nicht bestimmte Mengen von Calciumcarbonat, Calciumphosphat, Calciumsulfat, Spuren von Kieselsäure und Eisen, aber keine Magnesiaverbindungen. Diese mineralischen Einlagerungen scheinen indessen zu wechseln. Denn eine mir von Professor Semon übergebene Eischale von Coluber natrix enthielt lediglich 14% Calciumcarbonat, während alle übrigen von Hilger nachgewiesenen Basen und Säuren darin fehlten.

1) W. Krukenberg, a. a. O.

2) W. Krukenberg, Fortgesetzte Untersuchungen über die Skeletine Zeitschr. f. Biol. N. F. Bd. 4, 1886, S. 246 und W. Engel, a. a. O., sowie besonders auch Zeitschr. f. Biol. N. F. Bd. 10, 1891, S. 345.

3) Hilger, a. a. O.

Die Analysen der Kalksalze, welche bei den Vögeln, einigen Saurien und Hydrosauriern die organische Grundsubstanz der Eischalen vollkommen überkleiden, haben bisher im Allgemeinen ergeben, dass die Eischalen neben 3 bis 6% organischer Substanz über 90% Calciumcarbonat enthalten. Auch wurde in den meisten Fällen etwas Magnesiumcarbonat und Calciumphosphat gefunden, welche sich auf den Rest in etwa gleichen Mengen vertheilen. Doch können die Magnesia und die Phosphorsäure auch fehlen, und ist dann meist der kohlensaure Kalk entsprechend vermehrt.

Vogeleischalen verschiedener Species sind nach dieser Richtung namentlich von B. Wicke[1]) untersucht worden. Er fand in den Eischalen vom Fischreiher, der Silbermöve, dem Fasan, des Huhnes, der Gans und der Ente

3,55	bis	6,45 %	organische Substanz
91,96	„	95,26 %	kohlensauren Kalk
0,5	„	1,39 %	„ Magnesia
0,42	„	1,37 %	phosphorsaure Erden.

Hiervon etwas abweichende Resultate älterer Autoren, wie Prout und Vauquelin, in Betreff der Hühnereischalen, rechtfertigen die Vermuthung, dass die Art der Nahrung einen gewissen Einfluss auf die Zusammensetzung der Eischalen besitzt.

Die Analyse der Schale eines Strausseneies[2]) ergab ein vollkommenes Fehlen der Phosphorsäure und der Magnesia. Die Schale enthielt neben 3,38 % organischer Substanz nur kohlensauren Kalk (97,4 %).

Dagegen nähert sich die Zusammensetzung der Eischale von Alligator sclerops wieder den oben mitgetheilten Analysen der meisten Vogeleischalen. W. Wicke und Brummerstädt[3]) fanden darin:

5,09 %	organische Substanz
91,10 %	kohlensauren Kalk
2,33 %	„ Magnesia
0,54 %	phosphorsaure Erden
1,36 %	Wasser.

1) Berthold Wicke, Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 125, 1863, S. 78.

2) W. Wicke, Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 97, 1856, S. 350.

3) W. Wicke u. Brummerstädt, Analyse der Eischale vom Alligator sclerops (Brillen-Kaiman). Ann. d. Chemie u. Pharm. Bd. 95, 1855, S. 376.

Die von mir untersuchte Schale des Eies von Crocodilus biporcatus enthielt neben der organischen Grundsubstanz lediglich Calcium- und Magnesiumcarbonat. Phosphorsäure war darin nicht einmal in Spuren vorhanden. Auffallend und von allen bisherigen Befunden abweichend ist in diesem Gebilde die grosse Menge der organischen Substanz gegenüber den incrustirenden Salzen. Auf die entkalkte, im feuchten Zustande pergamentartige Haut kommen nicht weniger als 19,4 % von dem Gewicht der gesammten Schale, während die Menge des kohlensauren Kalks auf 78,0 % und diejenige der kohlensauren Magnesia auf 2,6 % bestimmt wurde.

Andererseits fand ich bei Ptychozoon in den schwach diaphanen, milchglasähnlichen Eischalen, welche ein wabenartiges Kammersystem bilden, so dass sie mit Einschluss der vereinigenden Bindesubstanz analysirt werden müssten, nur 1,07 % organische Substanz. Im übrigen enthielten die Schalen ganz vorwiegend kohlensauren Kalk neben wenig Magnesiumcarbonat, dagegen weder Phosphorsäure noch Schwefelsäure und kein Eisen.

Versuche über die Wirkung einer Beigabe von Calcium-, Strontium- resp. Magnesiumcarbonat zu einem kalkarmen, aber phosphorsäurereichen Futter auf den thierischen Organismus, insbesondere auf die Zusammensetzung des Skelettes.

Von

H. Weiske.

Nachdem Papillon im Jahre 1870 über Versuche berichtet hatte, bei denen von ihm in Folge einer Beigabe von Calcium-, Magnesium- resp. Aluminiumsalzen zum Futter in der Knochenasche der betreffenden Thiere (Taube, Ratten) 8,45 % SrO, 6,95 % MgO resp. 3,56 % Al_2O_3 gefunden worden waren, hatte ich im Jahre 1872 ähnliche Versuche mit Kaninchen angestellt[1]), bei denen je ein ausgewachsenes und je ein junges, 1½ Monat altes Thier zu seinem aus Wiesenheu und Rüben bestehenden Futter täglich eine Beigabe von ca. 1 g Calcium-, Strontium- resp. Magnesiumphosphat erhielt. Nach 100-tägiger Fütterung waren die Versuchsthiere getödtet und deren Knochen analysirt worden. Das Ergebniss der Untersuchung fiel durchweg negativ aus, d. h. ich vermochte in der gereinigten Knochensubstanz der unter Salzbeigabe gefütterten Kaninchen, keinen Strontian und nicht mehr Kalk und Magnesia, als unter normalen Verhältnissen darin enthalten ist, aufzufinden.

J. König wiederholte die von Papillon angestellten Versuche gleichfalls[2]); die bei seinen Untersuchungen gewonnenen Resultate

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 8 S. 239.

2) Landw. Jahrb. 1874, Bd. 3 S. 421; sowie als kurze Mittheilung: Zeitschrift f. Biol. Bd. 10 S. 69.

fielen für Strontian positiv, für Magnesia und Thonerde dagegen negativ aus. A. a. O. S. 429 und 430 äussert er sich hierüber folgendermaassen: „Wir müssen also übereinstimmend mit Papillon und entgegen den Behauptungen von H. Weiske constatiren, dass der Strontian in die Knochen übergeht und den Kalk zum Theil substituirt“; ferner: „Bezüglich der Substitution des Kalkes der Knochen durch Magnesia stimmen unsere Versuche mit denen von H. Weiske überein, die Magnesia scheint nicht an Stelle des Kalkes treten zu können“; ferner: „Auch gelang es uns nicht, in den Knochen der 40 resp. 42 Tage lang mit Thonerdephosphat gefütterten Kaninchen Thonerde mit Sicherheit zu erkennen“.

Da ich bei meinen Versuchen ein normales kalkreiches Futter verwendet, J. König aber eine sehr kalkarme Nährstoffmischung an seine Versuchsthiere verabreicht hatte, so konnte der von Letzterem gefundene Strontiangehalt vielleicht aus der verschiedenen Fütterungsweise erklärt werden. J. König selbst äussert sich hierüber (a. a. O. S. 423) wie folgt: „Es scheint nach den Versuchen von H. Weiske die Resorption und Ablagerung des Kalkphosphats im Organismus eine Grenze zu haben und die Annahme gerechtfertigt, dass, wenn einem normalen Futter mit hinreichendem Kalkphosphatgehalt andere Erdphosphate beigegeben werden, diese entweder ebenfalls nicht resorbirt werden oder nicht zur Ablagerung gelangen. Wenigstens wird in diesem Falle die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass durch Beifütterung anderer Erdphosphate zu einem an Kalk und Phosphorsäure armen Futter eine Resorption und theilweise Ablagerung im Organismus eintritt, wenigstens bei solchen Basen, welche wie der Strontian im Wesentlichen gleiche Eigenschaften mit dem Kalk theilen“.

Es wurden nun von mir nochmals Versuche in dieser Richtung angestellt[1]), bei welchen die Versuchsthiere (Kaninchen) ein nahezu kalkfreies Futter, nämlich mit verdünnter Salzsäure erschöpfend extrahirte Gerstenkörner, erhielten, dem man wieder Strontium-, resp. Magnesiumphosphat beimischte. In der gereinigten Knochensubstanz der unter Strontiumphosphat-Beigabe gefütterten Thiere konnte diesmal zwar eine geringe Menge von Strontian nachgewiesen

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 10 S. 419.

werden, doch erreichte dieselbe bei Weitem nicht die von J. König angegebene Grösse. Ausserdem ergab sich auch bei diesen Versuchen, dass eine bemerkenswerthe Vermehrung des Magnesiagehaltes in den Knochen der unter Magnesiumphosphat-Beigabe gefütterten Kaninchen nicht stattgefunden hatte.

In neuerer Zeit hat auch M. Cremer Fütterungsversuche unter Strontiumphosphat-Beigabe angestellt[1]), bei denen er Carnivoren, nämlich junge Hunde, als Versuchsthiere wählte und diesen ein sehr kalkarmes Futter (Fleisch, Speck) verabreichte, welches bei ausschliesslicher Verabreichung rhachitisähnliche Erkrankungen der Knochen hervorruft, wogegen diese nicht eintreten, wenn solchem Futter Calciumphosphat beigegeben wird. M. Cremer sagt daher (a. a. O. S. 125): „Da die Knochenasche in ihrer Zusammensetzung fast identisch mit tertiärem Calciumphosphat ist, so sollte man glauben, dass durch Beigabe von Strontiumphosphat die Veränderungen an den Knochen ebenfalls verhindert werden können, wenn Strontian den Kalk wirklich in physiologischer Beziehung zu vertreten in der Lage ist“.

Ein Hund, welcher von M. Cremer unter Beigabe von Strontiumphosphat gefüttert worden war, zeigte jedoch folgendes Verhalten: Die Extremitäten waren stark verkrümmt, die Rippenknorpel rosenkranzförmig durchzufühlen, das Thier vermochte sich schliesslich ohne Hülfe nur noch sehr mühsam zu bewegen und schleppte namentlich dabei den Hinterkörper nach. M. Cremer bemerkt demgemäss sehr richtig: „Schon mit Rücksicht auf diesen Zustand des Thieres ist es als höchst unwahrscheinlich zu bezeichnen, dass eine in quantitativer Hinsicht irgendwie nennenswerthe physiologische Vertretung des Kalkes durch Strontian stattgefunden hat“.

Ganz ähnlich war das Resultat bei einem anderen Hunde und wird hierbei bemerkt: „Dass man übrigens eine gewisse geringe Ablagerung von Strontian in den Knochen, resp. Markräumen finden wird, braucht ja nicht Wunder zu nehmen. Es ist daher auch nicht auffallend, dass ich in der Knochenasche dieses zweiten Versuchsthieres spektralanalytisch (nach Trennung der Erdalkalien von

1) Sitzungsber. d. Gesellschaft für Morphol. u. Physiol. in München 1891, VII., S. 124.

der Phosphorsäure mittelst Eisenchlorid und Natriumacetat) die Strontiumlinien nachweisen konnte".

Es dürfte also aus diesen Versuchen hervorgehen, dass bei sehr kalkarmem Futter zwar Strontian in die Knochen etc. überzugehen vermag, dass aber hierbei eine physiologische Vertretung wohl nicht angenommen werden kann. Auch J. König scheint hierbei mehr an eine mechanische Ablagerung des Strontians als an eine physiologische Vertretung gedacht zu haben, denn a. a. O. S. 424 hebt er hervor, dass sich z. B. in der Pflanze der Gehalt an Natron resp. Magnesia gegenüber demjenigen an Kali resp. Kalk sehr steigern lasse und bemerkt hierzu: „Wenn auch aus diesen Versuchen nicht folgt, dass sich in der Pflanze Kali durch Natron, Kalk durch Magnesia physiologisch vertreten lässt, so sieht man doch, dass bei vermindertem Kali- und Kalkgehalt der Nährstofflösung und dementsprechender Vermehrung von Natron und Magnesia letztere in abnormer Menge von der Pflanze aufgenommen und angehäuft werden und ist, wie gesagt, von vornherein nicht undenkbar, dass ähnliche Verhältnisse im thierischen Organismus statthaben". Ferner heisst es (a. a. O. S. 435): „Dass der Strontian an die Stelle von Kalk treten kann, halten wir für erwiesen; ob er ihn aber physiologisch zu vertreten im Stande ist, bleibt zweifelhaft. Möglicher Weise wirkt er, längere Zeit verfüttert, ähnlich wie Barytsalz giftig auf den Organismus ein, möglicher Weise gelingt es, durch allmähliche Beifütterung und durch Gewöhnung der Thiere ihn in grösserer Menge statt des Kalkes in die Knochen überzuführen".[1])

Dass Strontian giftig wirkt, ist kaum anzunehmen, da J. V. Laborde bei seinen Versuchen in dieser Richtung fand, dass Hunde von 15—20 kg Gewicht 1 g Chlorstrontium intravenös

1) In den landwirthsch. Jahrbüchern (Bd. 22 S. 851) theilt E. Haselhoff Versuche über den Ersatz des Kalkes durch Strontian bei der Pflanzenernährung mit, welche von ihm auf Veranlassung von J. König auf der landw. Versuchs-Station in Münster ausgeführt worden sind. Hierbei wird auch die Ersatzfähigkeit des Kalkes durch Strontian im thierischen Organismus besprochen und ohne Berücksichtigung späterer Versuche angenommen, dass durch J. König's Untersuchungen die Ergänzungsfähigkeit des Kalkes durch Strontian bei Kalkmangel in der Nahrung erwiesen sei. Dies hatte mich bereits im Jahre 1893 zu einer kurzen Besprechung dieser Frage in den landw. Jahrbüchern veranlasst (vergl. Bd. 23 S. 119).

ohne nennenswerthe Symptome vertragen, und dass 2—3 g per os eingeführt, nur diuretisch wirkten. Vom kohlensauren Strontium konnten sechs Wochen lang 2 g vom Menschen ohne Nachtheil genommen werden. Dabei liess sich in Folge der Strontianaufnahme sowohl im Harn, als auch in der Leber und in den Knochen Strontian nachweisen.

Bei meinen ersten Versuchen hatte, wie bereits bemerkt, die Beigabe von Strontian etc. zu einem normalen Futter, bei den zweiten dagegen zu einem solchen stattgefunden, welches durch erschöpfendes Extrahiren mit verdünnter Salzsäure fast ganz kalkfrei, dabei aber zugleich auch nahezu frei von mineralischen Nährstoffen überhaupt gemacht worden war. Es liess sich daher gegen beide Versuche der Einwand erheben, dass im ersteren Falle wegen genügendem Vorhandensein, im zweiten dagegen wegen Mangel an allen erforderlichen Nährsalzen die Resultate nicht ganz maassgebend sein konnten. Aus diesem Grunde habe ich, noch ehe mir die Versuche von M. Cremer bekannt waren, eine dritte Reihe von Fütterungsversuchen in dieser Richtung angestellt[1]), bei denen in folgender Weise verfahren wurde:

Als Versuchsthiere dienten wieder Kaninchen und zwar fünf Stück von ein und demselben Wurfe (geb. den 16. Juli 1892). Dieselben wurden am 31. October 1892 in kleine, mit lackirtem Eisenblech verkleidete Ställchen gebracht, deren Boden aus Nickeldrahtnetz bestand, unter welchem sich ein zweiter trichterförmiger Boden zum Sammeln des Harns befand. Als Futter erhielten diese Versuchsthiere pro Tag und Stück regelmässig 80 g lufttrockenen Hafer. Die Wahl des Hafers als Futter erschien insofern sehr geeignet, als derselbe bekanntlich ziemlich kalkarm ist, alle anderen Nährstoffe aber in genügender Menge enthält. Bei alleiniger Verfütterung desselben an ausgewachsene Thiere, deren Kalk-

1) Gleichzeitig sollten diese Versuche eine Fortsetzung der bereits früher (landw. Versuchsstationen Bd. 40 S. 81) mitgetheilten Untersuchungen über die Wirkung der ausschliesslichen Körnerfütterung bei Herbivoren bilden, welche ergeben hatten, dass Körner allein verfüttert ihrer sauren Eigenschaften wegen nachtheilig auf das Körpergewicht und die Zusammensetzung der Knochen einwirken.

bedürfniss erfahrungsmässig sehr gering ist[1]), dürfte der Bedarf an Kalk wohl noch eben knapp gedeckt werden, wogegen dies für junge, noch im starken Wachsthum befindliche Thiere nicht mehr der Fall sein wird. Von dem zu verfütternden Hafer hatte man bereits vor Beginn des Versuches eine genügende Anzahl Tagesportionen abgewogen, um stets die gleiche Trockensubstanzmenge zu verfüttern. Im Laufe der Zeit zeigte es sich indess, dass die Versuchsthiere das ihnen zugetheilte Haferquantum an einzelnen Tagen nicht vollständig auffrassen, so dass grössere Reste übrig blieben. An solchen Tagen wurde dann dem betreffenden Thiere kein neues Futter verabreicht, und war in Folge dessen der Hafer bis zum folgenden Tage regelmässig aufgefressen. Bei Kaninchen No. I kam dies während der ganzen Versuchszeit 3 mal, bei No. II 12 mal, bei No. III 9 mal, bei No. IV 13 mal und bei No. V 15 mal vor. Der Haferconsum betrug daher in Summa, resp. durchschnittlich pro Tag bei Kaninchen No. I 6820 g resp. 74,1 g, bei No. II[2]) 2400 g resp. 57,1 g, bei No. III 6640 g resp. 72,2 g, bei No. IV 6320 g resp. 68,7 g und bei No. V 6160 g resp. 67,0 g.

Ausserdem bekam Kaninchen No. I zum Hafer täglich kohlensaures Calcium, No. II schwefelsaures Calcium, No. III kohlensaures Strontium und No. IV kohlensaures Magnesium, wogegen No. V sein Futter ohne jede Salzbeigabe erhielt. Die betreffenden Salze wurden täglich mit dem durch etwas Wasser zuvor angefeuchteten Hafer vermengt und liess sich auf diese Weise deren Aufnahme leicht bewerkstelligen.

Jeden Montag Früh acht Uhr vor der Verabreichung des Futters wurden die fünf Versuchsthiere regelmässig gewogen, wobei sich folgende Resultate ergaben:

(Siehe Tabelle S. 427.)

Wir ersehen aus nachstehender Tabelle, dass die Kaninchen sich bezüglich ihres Körpergewichtes sehr verschieden verhielten. Am stärksten hatte das unter Beigabe von $CaCO_3$ ernährte Thier No. I

1) E. Heiss konnte z. B. einen kleinen Hund von 3,8 kg Gewicht mit einer Nahrung, die nur 0,043 g Kalk pro Tag enthielt, 308 Tage im Kalkgleichgewicht erhalten (vergl. Zeitschr. f. Biol. Bd. 12 S. 165).

2) Kaninchen No. II starb bereits nach sechswöchentlicher Fütterung.

	No. I	No. II	No. III	No. IV	No. V
	Beigabe von				
	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	—
	g	g	g	g	g
31. October	1530	1630	1650	1720	1880
7. November	1620	1680	1635	1810	1920
14. „	1710	1700	1700	1870	1860
21. „	1800	1675	1730	1980	1840
28. „	1870	1500	1820	2040	1760
5. December	1970	1380	1920	2040	1800
12. „	1900	1270	1910	1980	1760
19. „	1960	—	2090	2010	1800
26. „	1985	—	2020	2030	1800
2. Januar	2050	—	2000	2080	1810
9. „	2035	--	2080	2030	1650
16. „	2075	—	1930	2000	1620
23. „	2075	—	1860	2060	1635
30. „	2090	—	1760	2095	1530

während der dreimonatlichen Versuchszeit zugenommen, nämlich 560 g oder 36,6 % seines Anfangsgewichtes. Demnächst kommt in dieser Beziehung Kaninchen No. IV, welches $MgCO_3$ als Beigabe zum Hafer erhalten und sein Anfangsgewicht um 375 g oder um 21,8 % vermehrt hatte. Eine ähnliche Zunahme zeigte in den ersten beiden Monaten auch das unter $SrCO_3$-Beigabe gefütterte Thier No. III; in den letzten drei Wochen fing dasselbe jedoch an abzunehmen, so dass die Gewichtsvermehrung am Schluss des Versuches nur noch 110 g oder 6,7 % betrug.

Wesentlich anders verhielt sich dagegen das ohne jede Beigabe ausschliesslich mit Hafer gefütterte Kaninchen No. V; statt zuzunehmen, verlor dasselbe allmählich nicht unerheblich an Gewicht, trotzdem es täglich fast genau die gleiche Menge Hafer verzehrte wie Thier No. IV. In Summa hatte dieses Kaninchen schliesslich 350 g oder 28,6 % seines Anfangsgewichtes verloren. Eine noch stärkere Gewichtsabnahme zeigte sich bei dem unter Beigabe von $CaSO_4$ gefütterten Kaninchen No. II, welches bereits nach ca. 1½ Monat stark abgemagert starb.

Es bestätigt sich also auch hier wieder die bereits bei den früheren Versuchen (vgl. Landw. Versuchs-Stationen, Bd. XL, S. 81)

gemachte Beobachtung, dass der Hafer allein, auch bei reichlichem Consum, ohne gleichzeitige Aufnahme von $CaCO_3$ etc. oder von Futter mit alkalisch reagirender Asche (Heu oder dgl.) für Kaninchen insofern kein geeignetes Futter repräsentirt, als derselbe in Folge seiner sauer reagirenden Aschebestandtheile, zu denen noch die durch Oxydation des im Eiweiss etc. enthaltenen S und P gebildete Schwefel- und Phosphorsäure hinzukommen, stark saure Eigenschaft besitzt. Letztere erweist sich aber für den Herbivor nach verschiedenen Richtungen hin schädlich, da derselbe das Regulationsverfahren der Säurebindung durch reichlichere Ammoniakbildung im Organismus, welches dem Carnivor bekanntlich eigenthümlich ist, nicht besitzt[1]).

Nach Schluss des Versuches, am 30. Januar 1893, wurden die Versuchsthiere durch Verbluten getödtet, das Verblutungsblut gesammelt und im frischen und trockenem Zustand gewogen. Alsdann entfernte man das Fell, den Verdauungsapparat, die Harnblase und Leber und stellte das Gewicht des Körpers ohne die soeben genannten Bestandtheile fest; dasselbe soll später der Kürze wegen einfach als „Schlachtgewicht" bezeichnet werden. Fell und Leber wurden gleichfalls im frischen wie im trockenen Zustande gewogen. Hierauf trennte man das Skelett von den Weichtheilen, brachte hierbei jeden Knochen sofort nach erfolgter Präparation in ein verschlossenes tarirtes Gefäss und stellte alsdann das Gewicht der Knochen und Zähne im frischen wasser- und fetthaltigen Zustand fest. Aus der Differenz zwischen dem „Schlachtgewicht" und dem Gewicht der frischen Knochen und Zähne berechnete man schliesslich das Gewicht der vorhandenen Weichtheile im frischen Zustande, welche hier kurz als „Fleisch" im weiteren Sinne des Wortes bezeichnet werden sollen.

---

1) Vergl. in dieser Beziehung auch die von N. Lunin ausgeführten Versuche über die Bedeutung der anorganischen Salze für die Ernährung des Thieres (Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 5 S. 31), bei denen sich die Beigabe von kohlensauren Salzen zu einer aus Caseïn, Fett und Zucker bestehenden mineralstoffarmen Nährstoffmischung durch Bindung der aus dem Caseïn gebildeten freien Schwefelsäure als vortheilhaft erwies, wogegen andere die Schwefelsäure nicht neutralisirende Salze diese günstige Wirkung nicht zeigten.

Das gesammte „Fleisch“ wurde jetzt weiter unter Vermeidung von Verlusten zerschnitten und bis zur Gewichtsconstanz bei 100° C. getrocknet. Alsdann brachte man dieses getrocknete „Fleisch“ in verschlossene Büchsen, übergoss es mit Aether, filtrirte letzteren nach längerem Stehen ab und wiederholte diese Manipulation, bis die Hauptmasse des Fettes extrahirt war. Der Fleischrückstand wurde hierauf im lufttrockenen Zustand gewogen, pulverisirt und in ihm der Gehalt an Trockensubstanz und an noch darin vorhandenem Fett bestimmt.

Bei dem Skelett der einzelnen Versuchsthiere trennte man zunächst die Zähne (c), sowie die langen Röhrenknochen der vier Extremitäten (Femur, Tibia mit Fibula, Humerus, Radius nebst Ulna) (b) von den übrigen Knochen (a), trocknete jeden der drei Skeletttheile bei 120° C. und extrahirte schliesslich nach vorhergehendem Zerkleinern im Soxhlet'schen Apparat erschöpfend mit Aether. Hierdurch wurde das Gewicht des Gesammtskelettes im trockenen, fetthaltigen und fettfreien Zustande sowie auch Aufschluss über die Gesammtmenge des darin vorhandenen Fettes erhalten.

Die hierbei gewonnenen Resultate finden sich in folgender Tabelle zusammengestellt:

	No. I	No. II	No. III	No. IV	No. V
	Beigabe von				
	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	
	g	g	g	g	g
Lebendgewicht vor dem Tödten	2090	1270	1760	2095	1530
Schlachtgewicht	1104,6	749,0	941,0	1088,0	795,0
Verblutungsblut, frisch	44,73	—	46,30	50,60	57,62
„ trocken	7,88	—	8,01	8,06	9,10
Fell, frisch	268,2	191,0	244,0	274,0	216,0
„ trocken	160,5	—	126,0	140,0	120,0
Leber, frisch	145,6	—	63,0	99,3	63,3
„ trocken	36,94	—	16,36	27,65	16,25
„Fleisch“, frisch und fetthaltig	941,60	627,04	796,77	936,40	661,32
„ trocken und fetthaltig	286,20	—	189,10	270,60	173,10
„ „ „ fettfrei	172,40	—	156,00	172,17	122,28
Fett[1]) im „Fleisch“	113,80	—	33,10	98,43	50,82

1) Unter „Fett“ ist hier und später der gesammte Aetherextrakt zu verstehen, welcher ausser dem eigentlichen Fett auch andere in Aether lösliche Bestandtheile, wie Lecithin u. dergl., enthält.

	No. I	No. II	No. III	No. IV	No. V
	Beigabe von				
	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	
	%	%	%	%	%
„Fleisch“, frisch, fetthaltig, β . .	85,24	—	84,67	86,07	83,18
„ trocken, fetthaltig, β . .	25,09	—	20,09	24,87	21,77
„ „ fettfrei, β . .	15,61	—	16,58	15,82	15,38
Skelett, frisch, fetthaltig, α . . .	7,80	9,60	8,19	7,24	8,74
„ trocken, fetthaltig, α . .	5,17	5,50	4,96	4,65	5,06
„ „ fettfrei, α . . .	3,93	4,49	4,06	3,49	3,88
„ frisch, fetthaltig, β . . .	14,76	16,28	15,33	13,93	16,81
„ trocken, fetthaltig, β . .	9,78	9,33	9,28	8,95	9,74
„ „ fettfrei, β . . .	7,44	7,62	7,59	6,72	7,47
Wassergehalt des „Fleisches“ . .	69,60	—	76,27	71,10	76,85
„ „ Skelettes . . .	33,68	42,70	39,47	35,77	42,06
„ „ Felles	40,16	—	48,32	48,90	44,44
„ „ Blutes	82,38	—	82,70	84,07	84,21
„ der Leber	74,62	—	74,03	72,15	74,33
Fettgehalt des trockenen „Fleisches“	39,76	—	17,50	36,37	29,36
„ „ „ Skelettes .	28,93	18,36	18,15	24,91	23,28
„ der „ Leber . .	5,72	—	10,86	8,95	11,47

Eine Betrachtung vorstehender Tabelle zeigt uns zunächst, dass die bei den absoluten Zahlen vorhandenen, zum Theil recht grossen Differenzen hier, wo es sich um relative Werthe handelt, oft nahezu vollständig verschwinden oder in einzelnen Fällen sogar umgekehrt vorhanden sind, je nachdem die Abnahme der verschiedenen Körperbestandtheile eine mehr oder weniger proportionale war.

Weiter sei darauf hingewiesen, dass der procentische Wassergehalt des „Fleisches“ und des Skelettes in bekannter Weise bei den in gutem Ernährungszustande befindlichen Individuen am geringsten, und der Fettgehalt am grössten ist. Im Gegensatz hierzu zeigt sich bei der Leber der in schlechterem Ernährungszustande befindlichen Kaninchen No. V und III der höchste Fettgehalt, und die Menge des in diesem Organ procentisch vorhandenen Wassers ist nicht grösser als in der Leber des wohlgenährten Kaninchens No. I.

Sowohl im „Fleisch“ als auch in der Leber und im Blut der Versuchsthiere wurde von Herrn Dr. L. Graffenberger der

Gehalt an Asche, CaO, SrO, MgO und P_2O_5 nach den üblichen Methoden festgestellt[1]. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, welche das Mittel zweier Analysen repräsentiren, finden sich in nachfolgenden Tabellen in Procenten der trockenen, fettfreien Substanzen berechnet:

„Fleisch“.

	No. I	No. III	No. IV	No. V
	Beigabe von			
	$CaCO_3$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	
	%	%	%	%
CaO	0,70	0,64	0,66	0,77
SrO	—	Spur	—	—
MgO	0,18	0,19	0,27	0,15
P_2O_5	1,73	2,17	1,87	1,72
Asche	6,30	6,84	6,40	6,42
Leber.				
CaO	0,05	0,09	—[2]	0,10
SrO	—	Spur	—	—
MgO	0,15	0,14	—	0,10
P_2O_5	1,81	2,31	—	1,32
Asche	4,40	5,37	—	4,94
Blut.				
CaO	0,15	0,12	0,11	0,14
SrO	—	Spur	—	—
MgO	0,10	0,14	0,10	0,10
P_2O_5	0,63	0,64	0,63	0,53
Asche	5,97	5,68	5,77	5,94

Bezüglich der in vorstehenden Tabellen enthaltenen Zahlen sei insbesondere auf Folgendes hingewiesen: Der Asche- und CaO-Gehalt des „Fleisches“ zeigt bei den einzelnen Thieren keine erheblichen Verschiedenheiten; dagegen findet sich im „Fleisch“ des unter MgO-Beigabe gefütterten Kaninchen merklich mehr MgO vor als bei den übrigen Thieren. Im „Fleisch“ des Kaninchen No. III war eine geringe Menge Strontian nachweisbar, ausserdem wurde hier ein etwas grösserer Gehalt an P_2O_5 gefunden als bei allen andern Versuchsthieren.

1) Alle Strontianbestimmungen und Trennungen von CaO wurden nach der neuerdings von Fresenius (Zeitschr. f. analyt. Chemie Bd. 32 S. 312) beschriebenen Methode ausgeführt.

2) Analysen verunglückt.

Auch in der Leber und im Blut des mit SrO gefütterten Kaninchens liess sich SrO nachweisen und der Gehalt an P_2O_5 in der Leber ist bei diesem Thiere wieder am grössten. Dagegen besitzt die Leber von Kaninchen No. I merkwürdiger Weise den geringsten Asche- und CaO-Gehalt, trotzdem dieses Thier unter CaO-Beigabe gefüttert worden war. Alle diese Unterschiede machen sich im Blute nur wenig bemerkbar, und der CaO-Gehalt ist hier bei No. I sogar etwas grösser als bei No. III und No. IV.

Dass auch von anderer Seite SrO in dem Fleisch etc. der unter SrO-Beigabe ernährten Individuen nachgewiesen werden konnte, wurde bereits früher erwähnt; ebenso sei darauf hingewiesen, dass J. König im Fleisch der unter MgO-Beigabe gefütterten Thiere ebenfalls mehr MgO fand als im normalen Fleisch, und zwar sind die von ihm angegebenen Unterschiede noch erheblicher als die von uns gefundenen.

Der in der Bluttrockensubstanz von anderer Seite beim Carnivor constatirte CaO-Gehalt zeigt gegenüber demjenigen, welcher bei unseren herbivoren Versuchsthieren gefunden wurde, keine grossen Verschiedenheiten. So fand z. B. J. Forster im trockenen Blute eines normalen ausgewachsenen Hundes 0,07 bis 0,08% und E. Voit 0,077% CaO; dagegen waren nach letzterem Forscher in der Bluttrockensubstanz junger wachsender Hunde bei normaler Ernährung 0,104 bis 0,144%, und bei sehr kalkarmer Fütterung 0,061 bis 0,084% CaO enthalten.

Dass die Schwankungen im CaO-Gehalt des Blutes je nach der verschiedenen Ernährungsweise der Thiere nicht viel grösser sind, führt F. Voit darauf zurück[1]), dass sich der Kalk im Blute nicht einfach als unorganisches Salz gelöst, sondern an Eiweiss gebunden vorfindet. Nach ihm ist die Kalkresorption eine Funktion des im Blute und in den Säften circulirenden Eiweisses, wächst daher nicht proportional der starken Kalkaufnahme, sondern ist selbst bei sehr starker Kalkbeigabe zum Futter nur gering und beschränkt, so dass auch bei mässiger Kalkzufuhr in der Nahrung die Kalkresorption noch weit hinter der Kalkaufnahme zurückbleibt[2]). Der bei weitem

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 29 S. 325.

2) Dieselben Annahmen dürften demgemäss auch wohl für SrO etc. gelten,

grösste Theil des aufgenommenen Kalkes wird nach F. Voit im Kothe wieder ausgeschieden, ohne im Stoffwechsel circulirt zu haben, und nur ein kleiner Theil des im Kothe enthaltenen Kalkes rührt von der Secretion aus dem Darm her. Letzterer Antheil wird auch bei sehr kalkreicher Ernährungsweise nur wenig vermehrt; aus demselben Grunde ist nach F. Voit auch der CaO-Gehalt des Harns kein sehr grosser und lässt sich hier auch bei starker CaO-Zufuhr in der Nahrung nur sehr mässig steigern.

Die Skelette der fünf Versuchsthiere waren, wie bereits bemerkt, in drei Theile a, b und c zerlegt worden. Von den langen Röhrenknochen (b) der vier Extremitäten hatte man ausserdem die Länge ermittelt, wobei sich folgende Resultate ergaben:

	No. I	No. II	No. III	No. IV	No. V
	cm	cm	cm	cm	cm
Tibia mit Fibula . . .	10,0	10,0	10,2	10,9	10,6
Femur	9,2	9,1	9,4	9,7	9,6
Radius mit Ulna . . .	7,8	7,2	7,5	7,7	7,6
Humerus	7,0	6,9	7,1	7,3	7,2

Am längsten erwiesen sich also die Knochen der Kaninchen No. IV und V, am kürzesten diejenigen der Thiere No. I und II; erstere waren bei Beginn des Versuches die grössten und schwersten, letztere die kleinsten und leichtesten Thiere. Dagegen standen, wie bereits mitgetheilt, dem Gewichte nach die Knochen von Kaninchen No. I obenan, und das ohne jede Beigabe ausschliesslich mit Hafer gefütterte Thier No. V besass das bei weitem leichteste Skelett. Es geht hieraus in Uebereinstimmung mit den Befunden früherer Versuche hervor, dass durch die verschiedene Ernährungsweise

und würde sich hieraus der geringe SrO- u. MgO-Gehalt des Blutes, trotz der sehr grossen und anhaltenden SrO- und MgO-Aufnahmen erklären. Hiermit würde sich auch die von mir bereits früher (Zeitschr. f. Biol. Bd. 10 S. 413) vertretene Ansicht im Einklang befinden, dass die in der Natur vorhandenen Vegetabilien (Heu u. dergl.) für den ausgewachsenen Herbivor, welcher bekanntlich nur wenig Kalk braucht, auch dann noch genügende Mengen an Kalk enthalten, wenn in ihnen einige Procente CaO weniger vorkommen als unter normalen Verhältnissen gewöhnlich aufgefunden werden, so dass die bisweilen in manchen Gegenden in grösserer Ausdehnung auftretenden Knochenkrankheiten (Osteomalacie) auf ungenügende Resorption etc., nicht aber auf Mangel an Kalk im Futter zurückzuführen sind.

hauptsächlich die Stärke und das Gewicht der Knochen beeinflusst worden ist. In der That waren die Knochen des ohne jede Beigabe und des unter Beigabe von $CaSO_4$ gefütterten Kaninchens am dünnsten und am zerbrechlichsten, während diejenigen der Thiere No. I und demnächst No. IV, welche $CaCO_3$ resp. $MgCO_3$ zum Hafer erhalten hatten, sich am stärksten und festesten erwiesen.

Alle drei Skeletttheile wurden von Herrn Dr. P. Mohr analysirt; die hierbei angewandten Methoden waren die üblichen, nur bei der Aschebestimmung wurde insofern etwas anders verfahren, als man die Knochen- resp. Zahnaschen über dem Gebläse bis zur Gewichtsconstanz, d. h. bis zur Austreibung aller Kohlensäure glühte. Alsdann wurde der in der ursprünglichen Knochen- resp. Zahnsubstanz ermittelte CO_2-Gehalt für die zur Aschebestimmung verwendete Knochen- resp. Zahnmenge berechnet und zur Asche addirt. Dieses einfachere Verfahren liefert, wie wir uns überzeugt haben, bessere Resultate, als wenn man in der früher üblichen Weise sowohl in der nur schwach geglühten Asche den CO_2-Rest, als auch in der ursprünglichen Substanz den CO_2-Gehalt bestimmt, hiernach den entwichenen Antheil der Kohlensäure berechnet und diesen zur Asche addirt.

In nachstehenden Tabellen finden sich die bei diesen Analysen gewonnenen Resultate, welche das Mittel zweier Bestimmungen repräsentiren und auf trockene fettfreie Substanz berechnet sind, zusammengestellt:

(Siehe Tabellen S. 437.)

Betrachten wir nachstehende Tabellen, so ist leicht zu erkennen, dass je nach der verschiedenen Fütterungsweise die Skelette der fünf Versuchsthiere nicht nur der Quantität, sondern auch der Qualität nach beachtenswerthe Unterschiede aufweisen, also nicht nur bezüglich ihres Gewichtes, sondern auch in ihrer Zusammensetzung verschieden sind. Denn der Mineralstoffgehalt ist in den Knochen des unter Beigabe von $CaCO_3$ ernährten Kaninchens No. I nicht unbeträchtlich grösser als bei den Thieren No. III, IV und V gleichen Alters, welche als Beigabe $SrCO_3$ und $MgCO_3$ erhalten hatten, resp. ohne jede Salz-Beigabe gefüttert worden waren. Dasselbe gilt bezüglich des CaO- und CO_2-Gehaltes der Knochen, wogegen die

	No. I	No. II	No. III	No. IV	No. V
	Beigabe von				
	$CaCO_3$	$CaSO_4$	$SrCO_3$	$MgCO_3$	
Knochen a.					
	%	%	%	%	%
Organ. Substanz . . .	38,66	39,83	44,53	43,02	43,38
Mineralstoffe	61,34	60,17	55,47	56,98	56,62
CaO	31,43	30,72	23,02	28,36	28,85
SrO	—	—	4,09	—	—
MgO	0,73	1,11	0,61	1,39	0,68
CO_2	3,35	2,56	2,59	2,29	2,42
P_2O_5	23,41	23,76	22,21	23,21	22,69
Rest[1])	2,42	2,02	2,95	1,73	2,03
Knochen b.					
Organ. Substanz	32,86	35,42	37,41	36,11	38,27
Mineralstoffe	67,14	64,58	62,59	63,89	61,73
CaO	34,70	32,98	27,95	32,23	31,63
SrO	—	—	2,46	—	—
MgO	0,85	0,76	0,96	1,48	0,74
CO_2	3,70	2,84	3,04	2,67	2,77
P_2O_5	25,75	25,78	25,76	25,48	24,44
Rest[1])	2,14	2,22	2,42	2,03	2,15
Zähne c.					
Organ. Substanz . . .	21,34	20,65	—[2])	22,42	22,26
Mineralstoffe	78,66	79,35	—	77,58	77,74
CaO	38,44	38,74	—	36,96	37,72
MgO	2,40	2,61	—	3,23	2,57
CO_2	2,23	1,83	—	1,21	1,98
P_2O_5	33,63	34,71	—	34,45	33,37
Rest[1])	1,96	1,46	—	1,73	2,10

Unterschiede im Gehalt an P_2O_5 nur gering sind. In den Knochen des unter $SrCO_3$-Beigabe gefütterten Kaninchens findet sich die geringste Menge CaO vor, dafür sind aber einige Procente SrO zugegen, und in den Knochen desjenigen Thieres, welches $MgCO_3$ erhalten hatte, zeigt sich der MgO-Gehalt etwa doppelt so hoch als bei den Knochen von Kaninchen No. I, III und V.

1) Dieser Rest besteht aus K_2O, Na_2O, Fl, Cl und chemisch gebundenem Wasser (vergl. S. Gabriel, Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 18 S. 257).

2) Analysen leider verunglückt; SrO war auch in den Zähnen in wägbarer Menge vorhanden.

Alle diese durch die verschiedene Fütterungsweise hervorgerufenen Unterschiede treten in den Knochen a stärker hervor als in den Knochen b; am geringsten sind sie auch diesmal wieder bei den Zähnen bemerkbar[1]), doch ist auch in ihnen bei No. III SrO und bei No. IV ein Plus von MgO vorhanden. Die geringe Beeinflussung der Zähne durch die verschiedene Ernährungsweise steht im Einklange mit den von H. Beraz[2]) mitgetheilten Versuchsergebnissen, welcher fand, dass zwar bei sehr jungen Individuen in der Zeit der stärksten Entwickelung der Zähne in Folge lang anhaltender sehr kalkarmer Ernährung eine Beeinträchtigung des Wachsthums derselben eintreten kann, dass aber bei etwas älteren Thieren die Zähne unabhängig vom CaO-Gehalt des Futters an Masse zuzunehmen vermögen, und dass kalkarme Fütterung bei kurzer Dauer ohne merklichen Einfluss auf die Zusammensetzung der Zähne bleiben kann, auch wenn die Knochen bereits starke chemische Veränderungen erkennen lassen.

Fassen wir schliesslich die bei unseren Versuchen gewonnenen Resultate nochmals kurz zusammen, so dürfte sich aus ihnen Folgendes ergeben:

Wird an noch nicht ganz ausgewachsene Herbivoren (Kaninchen) Hafer, also ein sogen. saures und dabei kalkarmes Futter verabreicht, dessen CaO-Gehalt kaum noch hinreicht, um das Kalkbedürfniss dieser Thiere zu decken, so vermag die Beigabe kohlensaurer alkalischer Erden zunächst insofern günstig zu wirken, als sie die für Herbivoren schädliche saure Beschaffenheit des Futters zu mildern oder aufzuheben im Stande ist.

Von den zum Hafer verfütterten kohlensauren Salzen hat das kohlensaure Calcium am günstigsten gewirkt. Dieses Resultat ist, da der Kalkgehalt des Hafers sehr knapp war, wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass das Kalkbedürfniss des Thieres in diesem Falle besser befriedigt wurde. Für diese Annahme spricht zunächst der Umstand, dass die wasser- und fettfreien Skelette der unter Beigabe von $MgCO_3$ und $SrCO_3$ gefütterten Thiere ungefähr gleiche Gewichte am Schluss des Versuches besassen, dass sie aber

1) Vergl. Landw. Versuchs-Stationen Bd. 39 S. 262 u. Bd. 40 S. 103.

2) Zeitschr. f. Biol. Bd. 17 S. 386.

nicht unerheblich weniger wogen als das Skelett des unter Beigabe von $CaCO_3$ ernährten Kaninchens, trotzdem dieses Thier bei Beginn des Versuches das kleinste und leichteste war, also wohl auch Anfangs das leichteste Skelett hatte. Weiter sprechen für diese Annahme auch die Ergebnisse der Knochenanalysen, aus denen hervorgeht, dass das Skelett des Thieres No. I erheblich mineralstoffreicher ist, als die Skelette der übrigen Thiere.

Gleichzeitig geht aus den Gewichten und aus der Zusammensetzung der Skelette hervor, dass zwar nicht unerhebliche Mengen des verfütterten SrO und der MgO in das Skelett überzugehen vermögen, dass aber trotzdem eine physiologische Vertretung des Kalkes durch Strontian oder Magnesia insofern wohl nicht angenommen werden kann, als die Skelette dieser mit SrO und MgO gefütterten Thiere in ihrer Entwicklung wesentlich hinter dem Skelett des mit CaO gefütterten Kaninchens No. I zurückblieben[1]) und sich besonders in ihrer Zusammensetzung resp. Mineralstoffgehalt von dem Skelett des ohne jede Beigabe ausschliesslich mit Hafer gefütterten Kaninchens No. V nicht oder doch nicht wesentlich unterschieden.

Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass der Harn der mit kohlensauren Salzen gefütterten Kaninchen No. I, III und IV stets alkalisch und mehr oder weniger trübe war, wogegen der Harn des ohne Salzbeigabe ausschliesslich mit Hafer gefütterten Thieres No. V sauer reagirte und eine klare, aber etwas schleimige Beschaffenheit zeigte. In dem Harn aller Thiere (auch bei No. V) ergaben wiederholt vorgenommene Prüfungen deutliche, bei No. IV aber immer nur schwache Kalkreaction; ausserdem enthielt der Harn von No. III SrO. Ebenso war in dem Harn aller Thiere und zwar in ganz besonders starkem Grade bei No. IV, stets MgO, und besonders bei Kaninchen No. V reichlich Phosphorsäure vorhanden.

Die am 25. und 26. Januar, also kurz vor Schluss des Versuches gesammelten Faeces der Versuchsthiere waren, um einen

1) Auch wenn man annehmen wollte, dass analog der Strontianablagerung in den Knochen von Kaninchen No. III eine Mehrablagerung von Kalk im Skelett von Kaninchen No. I stattgefunden hätte, würde diese Behauptung selbstverständlich voll berechtigt bleiben.

ungefähren Anhalt über deren Mineralstoffgehalt zu erlangen, analysirt worden, und ergaben sich hierbei folgende Resultate. Es enthielten die wasserfreien Faeces von:

	No. I	No. III	No. IV	No. V
	%	%	%	%
CaO . .	1,61	0,41	0,24	0,29
SrO . .	—	1,95	—	—
MgO . .	0,51	0,41	0,63	0,42
P_2O_5 . .	1,99	2,37	0,89	1,16

Ohne aus vorstehenden Zahlen weitere Schlüsse ziehen zu wollen, sei nur kurz darauf hingewiesen, dass auch die ohne CaO-Beigabe gefütterten Thiere ausser der geringen CaO-Menge im Harn auch in den Faeces noch Kalk ausschieden. Dass sich der Magnesiagehalt der Faeces des unter $MgCO_3$-Beigabe gefütterten Thieres No. IV nicht grösser erwies, ist einfach darauf zurückzuführen, dass im Harn dieses Thieres ein nicht unbedeutender Magnesiagehalt vorhanden war, und dass dieses Thier überhaupt von dem leichten und dabei sehr voluminösen Magnesiumcarbonat wesentlich weniger aufgenommen hatte als Kaninchen No. I und No. III von dem Calcium- und Strontiumcarbonat. Demgemäss zeigte sich auch bei letzteren beiden Thieren ein weit grösserer Gehalt an P_2O_5 in den Faeces als bei den übrigen Thieren.

Wennschon nun die Resultate vorstehender Versuche der Hauptsache nach wohl als zweifellos angesehen werden dürfen, so schien es doch zweckmässig, zur nochmaligen Prüfung der Frage, ob Strontian den Kalk im thierischen Organismus physiologisch zu vertreten vermag, diese Versuche, welche zuvor mit nahezu ausgewachsenen Thieren, deren Kalkbedürfniss kein sehr grosses mehr ist, nochmals zu wiederholen und zwar mit ganz jungen, noch im starken Wachsthum befindlichen Thieren, deren Kalkbedürfniss in diesem Stadium ein so erhebliches ist, dass der Kalkgehalt des Hafers zu einer normalen Ernährung und Körperentwicklung bei weitem nicht ausreicht.

Zu diesem Zwecke wurden vier junge Kaninchen von der gleichen Race wie die vorhergehenden ausgewählt, welche gleichfalls

von einem Wurfe stammten und bei Beginn des Versuches genau fünf Wochen alt waren. Diese Thiere besassen folgende Gewichte: No. I 610 g, No. II 655 g, No. III 660 g und No. IV 740 g. Das letztere Thier tödtete man sofort bei Beginn des Versuches und verwendete es in der bereits beschriebenen Weise zur Untersuchung. Die übrigen drei Kaninchen wurden dagegen in die bereits früher beschriebenen Versuchsställchen gebracht und erhielten als Futter Hafer und destillirtes Wasser nach Belieben. Dem Futter von No. I wurde regelmässig $CaCO_3$, dem Futter von No. II $SrCO_3$ beigemengt, wogegen No. III den Hafer ohne jede Beimengung erhielt.

Anfangs frassen alle drei Versuchsthiere gleich viel, liessen aber zum Theil die Schalen des Hafers unverzehrt zurück. Nach der zweiten Woche fing jedoch Kaninchen No. III und nach der dritten Woche auch Kaninchen No. II an etwas weniger zu fressen als No. I. Allmählich verminderte sich die Fresslust dieser beiden Thiere noch mehr, so dass es nicht möglich war, eine gleichmässige Futteraufnahme der drei Versuchsthiere zu erzielen[1]). Da alle Kaninchen ausserdem von dem vorgelegten Hafer einen Theil verstreuten und auch später noch ab und zu Haferschalen übrig liessen, so war es nicht möglich, den Futterconsum eines jeden Versuchsthieres genau zu bestimmen. Im Durchschnitt der ganzen Versuchszeit dürfte der Haferverzehr für No. I etwa 50 g, für No. II und III ca. 35—40 g pro Tag betragen haben.

Während Kaninchen No. I stets sehr munter war, sassen die andern beiden Thiere meist ruhig in ihren Ställchen. Früh acht Uhr wurden alle drei Versuchsthiere von Zeit zu Zeit gewogen und ergaben sich hierbei die in nachstehender Tabelle enthaltenen Gewichte.

(Siehe Tabelle S. 442.)

Ein Blick auf nebenstehende Tabelle zeigt uns deutlich das sehr verschiedene Verhalten der Versuchsthiere. Während sich das unter Beigabe von $CaCO_3$ gefütterte Thier No. I, welches bei Beginn des Versuches das schwächste und leichteste war, normal und gut ent-

1) Auch J. König machte bei seinen bereits erwähnten Versuchen die Beobachtung, dass die unter Kalkbeigabe gefütterten Kaninchen weit grössere Fresslust zeigten, als die übrigen Thiere.

	No. I	No. II	No. III
	Beigabe von		
	$CaCO_3$	$SrCO_3$	
	g	g	g
26. Juni	610	655	660
29. „	640	710	700
3. Juli	710	760	800
5. „	740	770	810
8. „	805	815	830
10. „	930	810	770
12. „	980	800	740
14. „	1050	770	760
16. „	1100	780	690
18. „	1120	740	730
20. „	1200	755	725
22. „	1240	725	760
24. „	1270	730	780
26. „	1305	750	760

wickelte und sein Körpergewicht nach einem Monat um 695 g oder um 114% vermehrt hatte, nahmen die beiden andern Kaninchen nur Anfangs zu, dann aber ungefähr ebensoviel ab, so dass sie bei Schluss des Versuches etwa das gleiche Körpergewicht wie zu Anfang besassen. Allerdings hatten diese beiden Thiere auch weniger gefressen als No. I; aber es hätte in ihrem Belieben gestanden, die gleiche Menge Futter aufzunehmen. Dass letzteres nicht geschah, ist eben nur darauf zurückzuführen, dass aus den bereits früher erörterten Gründen weder der Hafer allein, noch unter Beigabe von $SrCO_3$ für die sehr jungen Thiere ein geeignetes Futter war. Dagegen übte die Beigabe von $CaCO_3$ eine sehr günstige Wirkung aus, und das auf solche Weise gefütterte Kaninchen entwickelte sich freudig und ganz normal.

Am 26. Juli wurden alle drei Versuchsthiere getödtet und in derselben Art und Weise wie das bereits zu Anfang des Versuches getödtete Kaninchen No. IV behandelt. Während sich bei der Section No. I als im sehr guten Ernährungszustande befindlich zeigte, erwiesen sich No. II und No. III als sehr mager. Die Harn-

1) Des Vergleiches wegen waren andere gleichalterige junge Kaninchen, deren Gewicht 3170 g oder 634 g pro Stück betrug, mit Hafer und Heu gefüttert worden; dieselben wogen nach einem Monat 6340 g oder 1268 g pro Stück.

blase von Kaninchen No. I und No. II war mit mässigen Mengen von alkalischem Harn gefüllt, wogegen diejenige von No. III (analog den früheren Beobachtungen) stark sauren Harn enthielt.

Alle übrigen Resultate finden sich in nachfolgender Tabelle verzeichnet.

	No. I	No. II	No. III	No. IV
	Beigabe von			sofort
	$CaCO_3$	$SrCO_3$		getödtet
	g	g	g	g
Lebendgewicht	1305	750	760	740
Fell, frisch	151	93	102	112
Schlachtgewicht[1])	734	394	462	465
Verdauungsapparat mit Harnblase	420	263	196	163
„Fleisch", frisch und fetthaltig	641,65	315,14	377,67	400,70
„ trocken und fetthaltig	168,95	60,50	67,07	107,30
„ „ „ fettfrei	113,95	57,15	63,15	75,77
Fett im „Fleisch"	55,00	3,35	3,92	31,53
Wasser im „Fleisch"	472,70	254,64	310,60	293,40
Skelett, frisch und fetthaltig	92,35	78,86	84,33	64,30
„ trocken und fetthaltig	52,05	29,54	28,73	30,71
„ „ „ fettfrei	42,41	29,16	27,88	26,04
Fett im Skelett	9,64	0,38	0,85	4,67
Wasser im Skelett	40,30	49,32	55,60	33,60
Fett im Fleisch und Skelett	64,64	3,73	4,77	36,20
Wasser im Fleisch und Skelett	513,00	303,96	366,20	327,00

Aus vorstehenden Resultaten ersehen wir, dass das unter Beigabe von $CaCO_3$ ernährte Kaninchen durchweg die höchsten, die unter Beigabe von $SrCO_3$ oder ohne jede Beigabe gefütterten Thiere dagegen die niedrigsten Zahlen aufweisen. Die Menge des „Fleisches" ist bei letzteren beiden Thieren noch geringer als bei dem sofort getödteten Kaninchen No. IV und nur etwa halb so gross wie bei No. I. Noch viel beträchtlicher erwiesen sich die Unterschiede beim Fell, und auch bezüglich des trockenen fettfreien Skelettes machen sich sehr erhebliche Differenzen bemerkbar. Während Kaninchen No. I sein Skelettgewicht gegenüber No. IV nahezu verdoppelt hat, ist bei No. II und No. III nur eine sehr geringe Vermehrung des-

1) d. h. Thier ohne Fell, Verdauungsapparat und Harnblase, aber inclusive Herz, Lungen, Leber und Nieren.

selben im Laufe der Versuchszeit eingetreten. Ausserdem zeigten sich die Knochen dieser beiden Thiere im frischen Zustand sehr weich und im trockenen sehr dünn und zerbrechlich.

Procentisch berechnet ergeben die in der vorhergehenden Tabelle enthaltenen absoluten Zahlen folgende Werthe[1]):

	No. I	No. II	No. III	No. IV
	Beigabe von			sofort
	$CaCO_3$	$SrCO_3$		getödtet
	%	%	%	%
Fell, frisch, α	11,57	12,40	13,42	15,14
Schlachtgewicht, α	56,25	52,53	60,79	62,84
„Fleisch", frisch und fetthaltig, α	49,17	42,02	49,69	54,15
„ trocken und fetthaltig, α	12,94	8,07	8,82	14,51
„ „ „ fettfrei, α	8,73	7,62	8,31	10,24
„ frisch und fetthaltig, β	87,42	80,00	81,72	86,17
„ trocken und fetthaltig, β	23,02	15,33	14,52	23,08
„ „ „ fettfrei, β	15,52	14,51	13,67	16,29
Skelett, frisch und fetthaltig, α	7,08	10,51	11,10	8,69
„ trocken und fetthaltig, α	3,99	3,94	3,78	4,15
„ „ „ fettfrei, α	3,25	3,89	3,67	3,52
„ frisch und fetthaltig, β	12,58	20,02	18,28	13,83
„ trocken und fetthaltig, β	7,09	7,49	6,22	6,60
„ „ „ fettfrei, β	5,78	7,40	6,04	5,60
Wassergehalt des „Fleisches"	73,67	80,17	82,24	73,22
„ „ Skelettes	43,64	62,54	65,93	52,25
Fettgehalt des trockenen „Fleisches"	32,55	5,54	5,84	29,29
„ „ „ Skelettes	18,52	1,29	2,95	15,21

Bezüglich vorstehender Zahlen kommt im Allgemeinen dasselbe in Betracht, was bereits bei den analogen Resultaten der älteren Thiere hervorgehoben worden ist. Ganz besonders sei auf den sehr geringen Fettgehalt des „Fleisches" und des Skelettes sowie auf den sehr hohen Wassergehalt dieser Bestandtheile bei Thier No. II und No. III hingewiesen. Aus letzterem erklärt sich auch, dass die procentischen Zahlen für das frische Skelett bei diesen beiden Kaninchen nicht unerheblich grösser sind als bei No. I und No. IV; übrigens ist auch der Wassergehalt des Skelettes bei diesen beiden jungen Thieren noch wesentlich grösser, als er bei den älteren Kaninchen gefunden wurde, und zwar besitzt No. IV als das jüngste

1) Auch hier bedeutet α wieder in Procenten des Lebendgewichtes und β in Procenten des Schlachtgewichtes.

der beiden Thiere wieder ein wasserreicheres Skelett als das vier Wochen ältere Thier No. I. Es steht dies im Einklang mit den Beobachtungen von E. Wildt[1]), welcher fand, dass der Wassergehalt ganz junger Kaninchen bald nach der Geburt ca. 65 % beträgt und dann allmählich mit zunehmendem Alter bis auf ca. 26,5 % bei ausgewachsenen Kaninchen sinkt.

Auch bei diesen jungen Versuchsthieren wurden die langen Röhrenknochen der vier Extremitäten gemessen und ergaben sich hierbei folgende Resultate:

	No. I	No. II	No. III	No. IV
	cm	cm	cm	cm
Tibia mit Fibula .	7,5	7,4	7,4	6,5
Femur	7,0	6,7	6,9	6,0
Radius mit Ulna .	5,7	5,6	5,7	5,1
Humerus	5,6	5,2	5,3	5,0

Ein Vergleich der bei Kaninchen No. I, No. II und No. III gewonnenen Zahlen mit denjenigen von Kaninchen No. IV zeigt uns, dass bei allen drei Versuchsthieren während der einen Monat dauernden Versuchszeit die Knochen an Länge nicht unerheblich zugenommen haben, und dass dieses Längenwachsthum bei den Kaninchen No. II und No. III (auf Kosten der Dicke) nahezu in gleichem Grade wie bei No. I stattgefunden hat. Es geht also auch aus diesen Resultaten wieder hervor, dass die ungenügende Ernährung viel weniger die Länge, als vielmehr die Dicke der Knochen beeinflusst.

Bei allen vier Versuchsthieren wurden schliesslich Analysen der gesammten Skelette in der bereits angegebenen Weise ausgeführt und hierbei im Mittel zweier Bestimmungen folgende, auf wasser- und fettfreie Substanz berechnete Resultate erhalten:

(Siehe Tabelle S. 446.)

Die Unterschiede in der Zusammensetzung der Skelette der vier Versuchsthiere sind, wie nachstehende Tabelle zeigt, ganz ausserordentlich gross und sprechen klar und deutlich für die bereits am Schlusse der ersten Versuchsreihe ausgesprochenen Behauptungen.

1) E. Wildt, Ueber die Zusammensetzung der Knochen der Kaninchen in den verschiedenen Altersstufen. Diss., Leipzig 1872.

	No. I	No. II	No. III	No. IV
	Beigabe von			sofort getödtet
	$CaCO_3$	$SrCO_3$		
	%	%	%	%
Organ. Substanz	39,95	61,10	47,88	44,71
Mineralstoffe	60,05	38,90	52,12	55,29
CaO	30,41	16,28	25,50	27,48
SrO	—	2,76	—	—
MgO	0,77	0,67	0,87	1,01
CO_2	2,90	1,85	1,94	2,21
P_2O_5	23,41	15,16	20,27	22,03
Rest	2,56	2,18	3,54	2,56

Bei Beginn des Versuches betrug der Mineralstoffgehalt im Skelett der fünf Wochen alten Kaninchen 55,29 % (vgl. No. IV) und war bei dem normal ernährten Thier No. I nach einem Monat auf 60,05 % gestiegen. Dagegen enthielt das Skelett des ohne jede Beigabe ausschliesslich mit Hafer gefütterten Kaninchens No. III nach derselben Zeit nur 52,12 %, und dasjenige des unter Beigabe von $SrCO_3$ gefütterten Thieres sogar nur noch 38,90 % Mineralbestandtheile. Bei No. III war also der Aschegehalt, statt zuzunehmen, etwas, und bei No. II sehr stark vermindert, trotzdem sich SrO in den Knochen des letzteren Thieres abgelagert vorfand. Diese Verminderung betrifft besonders den procentischen Gehalt an CaO, CO_2 und P_2O_5; der relative MgO-Gehalt ist auch bei dem normal ernährten Kaninchen No. I etwas vermindert, was mit der bekannten Thatsache im Einklang steht, dass der Magnesiagehalt der Knochen auch bei normaler Entwicklung des Skelettes mit zunehmendem Alter etwas abnimmt (vgl. E. Wildt, a. a. O.).

Es ist nun weiter von Interesse, zu prüfen, wie viel Mineralstoffe in Folge der verschiedenen Fütterungsweise bei dem Kaninchen No. I im Skelett neu angesetzt, und wie viel bei No. II und No. III event. vom Skelett verloren worden sind. Zu diesem Zwecke finden sich in folgender Tabelle die in den Skeletten der vier Versuchsthiere enthaltenen absoluten Werthe an Mineralstoffen und an einzelnen Mineralbestandtheilen sowie auch an organischer Substanz berechnet, und ergiebt sich hierbei das nachstehende Bild:

	No. I	No. II	No. III	No. IV
	Beigabe von			sofort
	$CaCO_3$	$SrCO_3$		getödtet
	g	g	g	g
Skelett, wasser- u. fettfrei	42,44	29,16	27,88	26,04
Organ. Substanz .	16,94	17,82	13,35	11,64
Mineralstoffe . .	25,47	11,34	14,53	14,40
CaO	12,90	4,75	7,11	7,16
SrO	—	0,81	—	—
MgO	0,33	0,19	0,24	0,26
CO_2	1,23	0,54	0,54	0,57
P_2O_5	9,93	4,42	5,65	5,74
Rest	1,08	0,63	0,99	0,67

Es ergibt sich also aus vorstehenden absoluten Zahlen ganz zweifellos, dass sich bei No. I im Vergleich mit No. IV das Gewicht der im Skelett enthaltenen Mineralstoffe nahezu verdoppelt hat, wogegen bei No. III keine weitere Mineralstoffablagerung im Skelett stattfand und bei No. II sogar weniger Aschebestandtheile vorhanden sind als bei No. IV, so dass hier eine Mineralstoffabgabe angenommen werden muss. Weiter lässt sich im Skelett des Kaninchens No. I gegenüber No. IV auch eine mehr oder weniger starke Ablagerung für alle einzelnen Mineralbestandtheile constatiren: die Menge der Kohlensäure ist über 100 %, diejenige von Phosphorsäure und Kalk um etwa 70 bis 80 % vermehrt. Dagegen zeigen die einzelnen Mineralbestandtheile im Skelett des Kaninchens No. III ungefähr die gleichen Gewichte wie bei No. IV und bei No. II sind sie sämmtlich in stärkerem oder geringerem Grade vermindert, so dass also eine physiologische Vertretung des Kalkes durch Strontian als ausgeschlossen betrachtet werden muss.

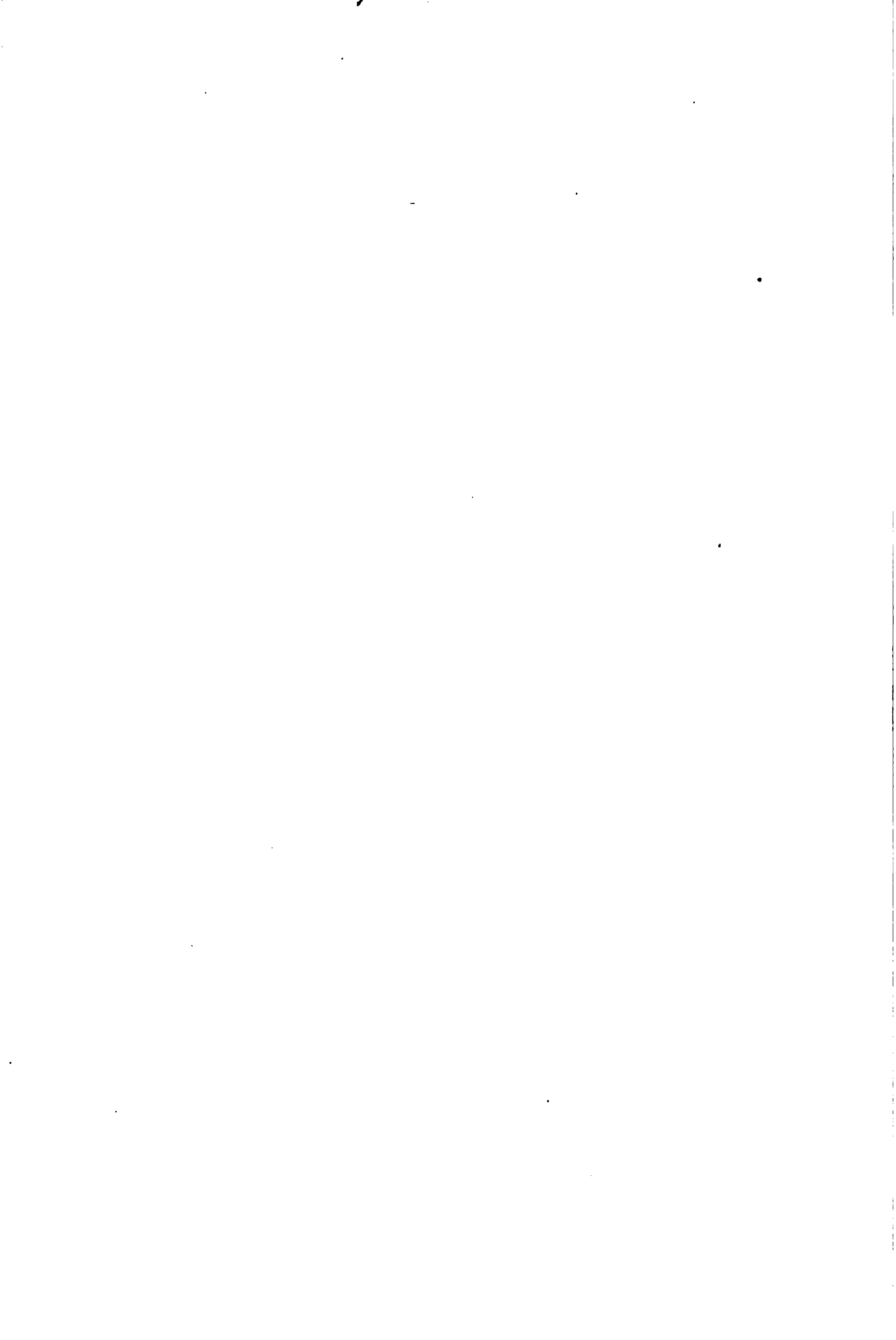
Zum Schlusse möchte ich noch darauf hinweisen, dass die Resultate über die Zusammensetzung der Skelette von den ohne Beigabe oder unter Beigabe von Strontian gefütterten Kaninchen mit den Ergebnissen der neuerdings von M. Levy[1]) mitgetheilten Untersuchungen osteomalacischer Knochen, sowie mit den Befunden von M. Gusmitta[2]) bei Knochen von solchen Thieren, die durch

1) Zeitschr. f. physiol. Chemie Bd. 19 S. 239.
2) Centralblatt f. Physiol., 1894, S. 40.

Inanition zu Grunde gegangen waren, nur zum Theil übereinstimmen. Ersterer fand nämlich, dass osteomalacische Knochen sehr reich an Fett sind[1]), und dass die Mineralbestandtheile sich bei ihnen im Ganzen vermindern, also die Abnahme der Phosphate in demselben quantitativen Verhältnisse erfolgt, wie die der Carbonate. Letzterer constatirte, dass sich in Folge von Hunger die Gewichte der einzelnen Knochen vermindern und dass der relative Wassergehalt solcher Knochen vermehrt, der Fettgehalt aber sehr vermindert ist; er fand ferner, dass sich von den Mineralbestandtheilen der Gehalt an Calciumcarbonat am meisten vermindert hatte, während der Gehalt an Calciumphosphat zwar gleichfalls, aber nur proportional der Abnahme der organischen Substanz gesunken war.

Von den osteomalacischen Knochen unterschieden sich demnach die Knochen unserer Versuchsthiere wesentlich dadurch, dass sie nicht fettreich, sondern sehr fettarm waren, und gegenüber den Knochen verhungerter Thiere zeigte sich insbesondere bei dem mit Strontian gefütterten Kaninchen No. II der Unterschied, dass sich nicht die organische Substanz, sondern nur die Mineralbestandtheile der Knochen stark vermindert erwiesen. Im Vergleich mit Kaninchen No. I war bei No. II die Abnahme der Carbonate im gleichen Maasse wie die der Phosphate erfolgt, nämlich zu ca. 56 %; dagegen ergab sich bei No. III für die Carbonate eine stärkere Abnahme als für die Phosphate, denn die Differenz betrug hier gegenüber No. I für die ersteren 56 %, für die letzteren aber nur 43 %.

1) Aehnliche Resultate hatten bereits früher von mir mitgetheilte Untersuchungen osteomalacischer Knochen ergeben (vgl. Zeitschr. f. Biol. Bd. 10 S. 415





Beobachtungen und Untersuchungen über den Schlag von Torpedo.

Von

K. Schönlein,

Vorsteher der physiologischen Abtheilung an der zoologischen Station zu Neapel.

(Aus dem physiologischen Laboratorium der zoologischen Station zu Neapel.)

(Mit Tafel III—VI.)

I.

Beobachtungen allgemeiner Natur.

Wenn man den Boden eines mit fliessendem Seewasser versorgten Bassins, wie solche in der Station zur Aufbewahrung des lebenden Materials überall in Gebrauch sind, mit einer Bleiplatte belegt, und diese metallisch mit dem einen Ende eines Telephons verbindet, so kann man die Schläge einer im Bassin befindlichen Torpedo bequem mit dem Telephon abhören, sobald man das andere Polende des letzteren ebenfalls mit einer kleineren Bleiplatte armirt und in das Bassin eintaucht.

Die bewegliche Platte misst etwa 4×5 cm, der etwa 40 cm lange Stiel ist mit Gummischlauch umgeben, die Rückseite der Platte dick mit Siegellack bezogen. Die Telephonschnüre müssen ebenfalls in Gummischlauch eingehüllt, und letzterer an den freien Enden der Drähte gut zugepicht sein, damit das Wasser nicht an die Drähte komme; denn das Seewasser zerfrisst kupferne Leitungen sehr schnell.

Das benutzte Bassin maass $1{,}0 \times 0{,}4 \times 0{,}3$ m. Die Schläge sind, auch von schwachen Thieren, genügend kräftig, um das ganze

Bassin, gleichviel, wo der Fisch liegt, mit telephonisch hörbaren Stromcurven zu erfüllen, wo man auch die Auffangeplatte hinhalten mag.

Die Gewohnheit der Torpedo, fest angesaugt platt auf dem Boden zu liegen, ist für die genannte Auffangemethode sehr günstig. Da sie hierbei mit der Eintrittsfläche des Stromes in das Organ in seiner ganzen Ausdehnung auf der Bleiplatte glatt aufliegt, so wird für einen grossen Theil der Stromfäden der Widerstand beim Weg durch's Telephon bedeutend verkleinert, ganz abgesehen davon, dass unter dieser Bedingung die Vertheilung der Stromfäden im Wasser ganz anders und wahrscheinlich für den Eintritt ins Telephon viel günstiger ist als sonst. Wie sich dabei die Auffangemöglichkeiten für den Schlag verhalten, wenn das Thier schwimmt, habe ich nur ganz ausnahmsweise beobachten können, da die Thiere zu einer andern Bewegung durch's Wasser, als entlang dem Boden oder den Glaswänden, nur schwer zu bringen sind und beim freien Schwimmen, wie es scheint, sich mit Schlagen gar nicht abgeben. Ein einzelnes Mal war indessen die Beobachtung von Erfolg.

Ist das Thier bei guter Laune, d. h. ist es nicht krank, hat es sich an seine neue Umgebung gewöhnt, und ist es vor allem einige Zeit, etwa eine Viertelstunde, in Ruhe gelassen worden, nachdem man es in's Bassin gesetzt hatte, so fängt es auch an spontan zu schlagen. Langusten, Taschenkrebse, Octopus und Eledone werden mit einigen Schlägen begrüsst, wenn sie über das Thier hinwegwandeln, und die ins Wasser gesenkte Auffangeplatte des Telephons wird ebenfalls mit Schlägen empfangen, sobald sie sich dem Thiere nähert. Die grösste Entfernung, von welcher an das Thier geneigt ist, der Platte Schläge entgegen zu senden, ist etwa 20 cm. Bei weiterer Annäherung und zuletzt auch bei Berührung wiederholen sich die Schläge. Die Zahl der spontanen Entladungsacte dürfte jedoch in einer Sitzung nicht über etwa ein Dutzend in fünf Minuten gehen. Danach reagirt das Thier unaufgefordert überhaupt längere Zeit nicht mehr, wahrscheinlich, weil der Gegenstand sein Interesse verloren hat, nicht wegen Ermüdung des Organs; denn nach direkten Reizungen, Stechen, Drücken oder dergleichen erfolgen weitere Entladungen, und zwar mitunter recht kräftige.

Beobachtet man das Thier, während man auf den Schlag horcht, so wird man zumeist von einer Mitbewegung, sei sie spontan, sei sie als Folge electrischer Reizung, nichts zu sehen bekommen. Liegen noch andere Thiere im Bassin, seien es nun Torpedo oder Thiere ganz anderer Classen, so vermag man nach einiger Uebung an den Bewegungen der Bassinsgenossen allein schon zu erkennen, ob eine Torpedo geschlagen hat. Gleichzeitig anwesende andere Torpedos bewegen den Flossensaum der Scheibe, den ganzen Schwanz oder die Schwanzflosse; Langusten und andere Krebse ziehen die Beine unter den Leib, ohne jedoch davon zu schwimmen oder zu laufen; die Kephalopoden — Octopus und Eledone — werden dunkel und entfernen sich in irgend einer Richtung, fast immer nur unter Benutzung der Arme, also kriechend, nicht schwimmend. Bei den Krebsen beobachtet man gelegentlich, dass die Beine absatzweise unter den Leib gezogen werden, wenn nämlich die Torpedo mehrmals in ganz kurzen Intervallen schlägt.

Von einer Wirkung des Schlages auf Fische habe ich bis jetzt nichts bemerken können. Doch ist auch sonst sicher, dass eine grössere Zahl von Fischgattungen gegen electrische Schläge, in Seewasser wenigstens, nur mässig empfindlich sind. Versenkt man in das obenerwähnte Bassin eine bis auf die Spitze isolirte Drahtelectrode, so kann man sich den meisten Fischen bis auf weniger als ein Centimeter Distanz nähern, ohne dass sie Fluchtbewegungen machen, wenn das Inductorium mit etwa zwei Bunsen getrieben wird, und die Rollen übereinander geschoben sind. Als andere Electrode dient hierbei natürlich die Bleiplatte des Bodens.

Scyllium canicula und catulus, Squatina angelus, Raja clavata und andere Plagiostomen reagiren auf die Sonde fast nur bei directer Bewegung; aus anderen Fischclassen konnten nur solche zum Vergleiche herbeigezogen werden, welche ruhig am Boden zu liegen pflegen. Auch diese weichen nur auf ganz kurze Entfernung vor der Sonde aus. Am empfindlichsten ist noch der Aal (Conger vulgaris). Unter den Avertebraten sind viele bedeutend empfindlicher, besonders unter den Krebsen, die oft auf mehrere Centimeter Abstand theils mit Angriffs-, theils mit Fluchtbewegungen reagiren. Die Kephalopoden — Octopus und Eledone — haben ein zu gutes

Gedächtniss und zu viel Aufmerksamkeit, als dass man an ihnen Tetanisirungsversuche per distance unter Wasser häufiger wiederholen könnte. Sie weichen der Sonde schon auf Entfernungen aus, in denen sie sicher wenig verspüren, sobald sie ihre Wirkung erst einmal kennen gelernt haben.

Behandelt man Torpedo in der gleichen Weise, während man am Telephon horcht, so hört man zunächst nur den Ton des Inductionsapparates. Bringt man die Reizelectrode auf kurze Distancen an den Leib des Fisches, so hört man den charakteristischen Ton des Schlages deutlich als Antwort. Verwechselungen mit dem Inductionsapparate sind dabei nicht möglich. Die Antwort des Thieres wird besonders kräftig — eine längere und wohl auch lautere Reihe von Tönen, wenn die Sonde Auge oder Spritzloch berührt. Es scheint, dass die Thiere sich in den dichteren Stromescurven doch nicht gerne aufhalten, denn sie schwimmen fort, wenn auch nicht immer sogleich.

Im Frühjahr, wenn die Torpedos trächtig sind, werden ziemlich vielen Thieren zu Conservirungszwecken die Embryonen entnommen. Die Mutterthiere, mit denen dies geschehen ist, werden nachher eines über dem anderen auf einen grossen Teller geworfen, bis der ganze Fang ausgenommen ist, und sie nachher getödtet werden. Während dieser Zeit beobachtet man nun nie, dass eines allein eine Bewegung macht. Sie liegen vielmehr entweder alle schlaff da, oder werden alle zusammen plötzlich steif wie ein Frosch, dem man das Rückenmark ausbohrt. Wenn dies geschieht, spürt man auch in der Hand deutlich einen Regen von electrischen Schlägen, der sich durch den ganzen Thierhaufen hindurch ergiesst. Hierbei zucken alle ohne Ausnahme.

Ich halte den Schlag nicht für stark genug, um im Wasser directe Muskelreizungen zu erzielen. Vorüberschwimmende Krebse, welche den Schlag erhielten, liessen in ihren Bewegungen absolut nichts erkennen, was darauf hindeutete. Sicher ist Folgendes:

J. Baron Uexküll hat im Verlauf seines diesjährigen Aufenthaltes an der Station eine Operationsmethode am Octopushirn gefunden, welche das Thier unfähig macht, die einmal angesetzten Saugnäpfe spontan wieder zu lösen. Für einen so operirten Octopus

oder Eledone ist die Torpedo ein „Schwan hang an!“ aus dem bekannten Märchen; denn wenn er sich einmal auf ihr festgesetzt hat, kann er nicht wieder herunter und muss die Schläge über sich ergehen lassen, welche die Torpedo auf ihn entladet. Die unbehaglichen Empfindungen des unfreiwilligen Reiters äussern sich in Strömen von Tinte, welche er wie bei anderen Fluchtversuchen ergiesst; aber während das Telephon eine Entladung nach der andern anzeigt, spielen die Spitzen einzelner Arme, die zufällig nicht mitgefasst hatten, flottirend in dem Wasser. Die Schläge reichen also jedenfalls nicht aus, um Octopusmuskeln zu tetanisiren, sobald die Nebenleitung des Seewassers zur Hand ist.

Dafür, dass Torpedo ihre Waffe zu aggressiven Zwecken verwendet, sind in der Station nur zwei einzelne Fälle bekannt geworden. Beide sind von Professor H. Eisig beobachtet worden, und der eine gelegentlich im Kosmos, Band XIII S. 219, mitgetheilt. Danach erhebt sich die im Sande vergrabene Torpedo mit dem grössten Theil der Scheibe plötzlich in die Höhe, indem sie den rechten und linken Scheibenrand stark nach unten drückt. Es entsteht so eine Höhlung, welche oben und hinten durch den Rumpf des Thieres, rechts und links durch die Seitentheile der Scheibe, im Wesentlichen also durch die mehr weniger parallel sich stellenden Organe gebildet wird, vorn offen bleibt, und in welche mit dem hineinstrudelnden Wasser auch die etwa vor dem Thier stehenden kleinen Fische hineingetrieben werden. In dem einen Falle nun blieb der Fisch, ein kleiner Haifisch, eine kurze Zeit in dem Hohlraum, um nachher, frei geworden, mit allen Zeichen der Aufregung im Bassin umherzujagen. In einem zweiten, mir mündlich mitgetheilten, Falle gerieth ein kleiner Mullus unter die Torpedo und kam nicht wieder zum Vorschein. Mullus gehört zu den Fischen, welche sich öfter im Magen von Torpedo finden. Weiteres konnte hierüber in der Station nicht in Erfahrung gebracht werden, so viel man auch, aus leicht begreiflichen Gründen, darauf achtet, was und wie die Aquariumsfische fressen. Weitere Beobachtungen dieser Art dürften wohl kaum gemacht worden sein.

Zu den grossen Octopus, die im Octopusbassin des Aquariums der Station gehalten werden, wurde eine Torpedo gesetzt. Die im

Bassin anwesenden Exemplare, sechs Stück, wurden dunkelbraun, breiteten ihre Arme aus, und einer derselben wickelte den Fisch in dieselben und die die Arme verbindende Haut ein, so dass von der Torpedo nichts mehr zu sehen war. Dies dauerte einige Secunden. Dann wurde der Octopus plötzlich scheckig, und die Torpedo schwamm aus ihrem Gefängniss, offenbar etwas aufgeregt, hinweg. Das Schauspiel wiederholte sich noch mit einem zweiten und dritten Thiere, danach blieb der Fisch unbelästigt. Die Octopusse waren ziemlich grosse Exemplare. Zwei von ihnen hatten kurz vorher eine grosse lebendige Hummer mitten entzwei gerissen.

Zu den von Herrn Professor Eisig angegebenen Bewegungen ist zu bemerken, dass sie wohl ziemlich sicher die Absicht des Schlagens bedeuten. Bei einer Reihe von Blutdruckversuchen an Torpedo, welche in Gemeinschaft mit Dr. Willem angestellt wurden, bemerkten wir die gleichen Bewegungen, wenn wir an der Bauchseite manipulirten. Die Scheibe bildete dann eine von rechts nach links concave Mulde, deren Querschnitt etwas mehr als einen Halbkreis fassen mochte. Wenn das Thier in dieser Lage schlug, so begannen die Schläge erst, nachdem die Biegung gemacht war, und die Entladungen dauerten auffallend viel länger als sonst und waren, meiner Meinung nach, auch schmerzhafter. Ich möchte das Gefühl am ehesten mit dem vergleichen, was man als taube Füsse bezeichnet. Die Entladungszahl ist dabei sicher mehr als 100 pro Secunde.

Eine entsprechende, nach der Rückseite concave Krümmung vermag das Thier ebenfalls zu vollführen, und sie ist gleichfalls Vorbereitung zu besonders starken Schlägen. Bei den vorhin erwähnten Beobachtungen an Octopus mit gelähmten Saugnäpfen wurde der Polyp auf diese Weise gelegentlich so vollständig eingeschlossen, dass nur wenig von ihm zu sehen übrig blieb. Die Krümmung vollzog sich ziemlich langsam, und die Entladungen dauerten wohl bis zu fünf Secunden.

Zum Erschlagen ist nach den mitgetheilten Beobachtungen die Waffe der Torpedo wohl kaum jemals zu gebrauchen, und selbst die kleinen Fischchen, welche sie auf die oben erwähnte Weise fing,

waren wohl nur von Schreck betäubt. Blutegel und Schmarotzerkrebschen habe ich öfter auf dem Organ selbst sitzen sehen; sie waren lebendig.

Der Schlag bei Reizung der Nervenstämme und des Gehirns.

Zur Präparation legt man das Thier am besten auf eine flache Schüssel von Zink, und auf die obenliegende Seite des Organes eine annähernd nach der Form des Organes zugeschnittene Zinkscheibe, die zweckmässig mit einigen Fäden an die Haut des Thieres angenäht wird. Das mit den beiden Belegungen — Teller und Scheibe — verbundene Telephon kann man neben sich auf den Tisch stellen, wenn es sich nicht um die schwerer zu hörenden Erfolge bei mechanischer und chemischer Reizung, sowie um Grosshirnrindenreizung handelt.

Wenn die ersten Bewegungen vorüber sind, pflegt sich die Torpedo auf der Schüssel anzusaugen und bleibt ruhig liegen, so dass man einen grossen Theil der Präparationen ohne jede Hülfsvorrichtung ausführen kann. Auch Präparationen in Rückenlage sind so ausführbar, wie z. B. das Einlegen von Kanülen in eine Kiemenschlagader für Blutdruckversuche. Für die hier interessirenden Versuche liegt das Thier auf dem Bauche. Man nimmt, etwa von den Augen anfangend, mit einem Schnitt die Haut bis zur Wirbelsäule hinweg und entfernt von den Rückenmuskeln so viel, dass die sehr grosse Membrana atlanto-occipitalis freiliegt, und schneidet letztere an. Die Benutzung von Hakenpincetten empfiehlt sich hier, wie bei fast allen Operationen an Seethieren. Darauf fasst man mit der Pincette den oberen Rand des Hinterhauptloches und schneidet, indem man die Pincette stark nach aufwärts zieht, mit einem schmalen Messer in kurzen sägenden Zügen das ganze Schädeldach von hinten nach vorn ab. Man braucht keine Sorge zu haben, vom Gehirn irgend etwas zu verletzen, da die Schädelkapsel sehr geräumig ist.

Geht der Schnitt flach unter der Schädeldecke weg, so treten keine Nebenverletzungen auf; geht er etwas tiefer, so schneidet man, je nachdem, einen Bogengang an und den Utriculus dazu. Das Gehirn liegt danach in ganzer Ausdehnung frei.

Das Telephon ertönt in der Regel einmal beim Hautschnitt, beim Abtragen der Schädelkapsel, sobald ein Bogengang und der Utriculus getroffen ist, und dann besonders laut. Bei den weiteren zur Anfertigung eines Nerv-Organpräparates nöthigen Schnitten reagirt das Telephon, sobald der Schnitt in den Raum eintritt, wo die Savischen Bläschen liegen, und besonders kräftig, wenn das Auge abgetragen wird. In gleicher Weise wird die Durchschneidung der Medulla oblongata von einem Schlage begleitet. Die nach Anlegung des Medullarschnittes erscheinenden Reflexbewegungen sind äusserst kräftig. Es werden, wie es scheint, auch solche durch den Organschlag veranlasst. Detailbeobachtungen darüber habe ich nicht gemacht, sondern zumeist sofort das Rückenmark ausgebohrt, da die reflectorischen Bewegungen des Rumpfes bei der weiteren Präparation äusserst störend sind. Die weitere Präparation ist nun verschieden. Die Darstellung eines completten, nur aus beiden Organen und ihren zum Gehirn führenden Nerven bestehenden Präparates ist etwas schwieriger und soll später beschrieben werden. Die einfache Bloslegung der Nerven dagegen hat keine Schwierigkeiten. Die Nerven liegen direct an und in den grossen Blutsinus, welche die Kiemenstrahlen begleiten, und sind nach der Eröffnung der Sinus mit wenigen Schnitten zur Anlegung von Electroden genügend freigelegt.

Setzt man die Electroden eines Inductoriums, dessen Rollen bis zu einer zur Reizung der Organnerven genügenden Stärke übereinandergeschoben sind, an beliebiger Stelle auf den Körper des Fisches, so hört man, wo man auch die Electroden aufsetzt, immer im Telephon die von ihnen ausgehenden Stromschleifen, und es giebt bei diesen Versuchen kein Mittel, sich vor ihnen zu retten, sobald einmal die Stromstärke so gewählt ist, dass sie den Nerven mit Sicherheit erregt. Es ist desshalb das Telephon nur cum grano salis zur Thätigkeitscontrole für das Organ verwendbar. Da aber die Telephongeräusche ungleich lauter werden, sobald man die Electroden auf einen Nerven oder das Gehirn aufsetzt, und ihren Charakter nach der Stelle der Hirnreizung wechseln, so ist man im allgemeinen darüber nicht im Unklaren, ob man Stromschleifen oder Organschlag hört. selbst für den Fall, dass die Electroden

direct auf das mit dem Telephon armirte Organ gesetzt werden. Ohne den Ort der Electroden zu wechseln, wäre es jedoch verfehlt, das Ertönen des Telephons bei Berührung der Nerven mit den Electroden direct als Organthätigkeit anzusprechen.

Wenn er durch Reizung der Nervenstämme erzeugt worden ist, ist der Klang des in's Telephon aufgenommenen Schlages noch am besten den durch die Inductionsströme selbst erzeugten Telephonklängen zu vergleichen. Auch beim Rheotom gilt dasselbe, obgleich der Klangcharakter dort ein ganz anderer ist, als der des Inductionsapparates bei spielendem Hammer, so dass der Schlagverlauf schon danach sehr veränderlich und von dem Verlauf der erregenden Ströme abhängig zu sein scheint.

Die Tonhöhe des natürlichen Schlages wechselt, ebenso wie der Charakter des Klanges. Wollte man denselben irgendwie durch Buchstabensymbole ausdrücken, so müsste man jedenfalls die Vocale ae, e oder i dazu wählen, keinesfalls o oder u. Da aber weiterhin eine Reihe physiologisch geschulter Beobachter, denen ich den Schlag des Fisches im Wasser demonstrirte, sich sämmtlich bei den kurzen Schlägen zur Bezeichnung eines auf verschiedene Tonhöhen gesungenen R bedienten, so könnte man schliessen, dass die einzelnen Schläge sich weiterhin in Gruppen zusammenlegen, und in jeder einmal die Intensität steigt und fällt. Im übrigen scheint mir — ich habe öfter ausdrücklich darauf geachtet —, dass die längeren Entladungen, deren sich der Fisch als ultimum refugium bedient, um einen lästigen Gegner los zu werden, höheren Tonlagen angehören, als die anderen.

Wie schon gesagt, haben die reizenden Inductionsströme und der Organschlag telephonisch im Wesentlichen denselben Character. Legt man nun, bei gleichem Rollenabstande, die Electroden bald auf einen der Nerven, bald auf den Lobus electricus, so wechselt die Klangstärke auf's Intensivste. Schwächer beim Aufsetzen auf den Nerven, aber an seiner Stärke doch noch durch Aufsetzen der Electroden an beliebiges Nachbargewebe von den leiser klingenden Stromschleifen zu unterscheiden, schwillt der Ton plötzlich zur Stärke des Trompetenschalles an, sobald die Electroden auf den Lobus electricus zu liegen kommen. Letzterer ist ausserdem deutlich

erregbarer, insofern er auf Stromstärken anspricht, welche dem Nerven gleichgültig sind.

Der Klang des Schlages wechselt, sobald man sich mit der Reizung auf das Gehirn beschränkt, mit dem Ort der Reizung. Ich habe mich hier, um von dem musikalisch immerhin schwieriger zu bestimmenden Klange der Schläge des Wagner'schen Hammer zu befreien, eines akustischen Unterbrecher bedient, bei welchem die Funkenbildung dadurch vermieden war, dass das Hammerspiel wie bei der Helmholz'schen Einrichtung durch Bildung der Nebenschliessung im Quecksilbernapf vermieden wurde.[1]) Der Apparat war, wie gebräuchlich, auf Gummipropfen gestellt, damit sein Eigenton nicht stört. Tonhöhen wurden nicht bestimmt.

Nimmt man schwache Reize und setzt die Electroden auf den Lobus electricus, so hört man in den ersten Versuchsstadien häufig, aber nicht immer, einen Ton wohl von derselben Höhe, aber anderem Klang. Näheres ist vorläufig nicht anzugeben. Sicher aber ist, dass sich während der Reizung gelegentlich auch die Tonhöhe ändert; doch geschieht dies selten gleich bei der ersten Reizung, sondern zumeist nach mehreren, und nachdem der Ort der Electroden auf dem Lobus öfter gewechselt hat. Auch wiederholt sich das Phänomen an demselben Thiere nicht zweimal.

Der Unterbrecher stand bei einer Lobusreizung beispielsweise einmal auf einer Schwingungszahl von etwa 60, der Organton dementsprechend auch, und ging in ganz kurzer Zeit, ohne Sprünge, wie bei einem Sänger, der die Töne zieht, durch alle zwischen liegenden Schwingungszahlen hindurch um sicher mehr als eine Octave in die Höhe. Wenn mich mein Tongedächtniss nicht täuscht, würde die hohe Tonlage etwa den höheren Lagen der Altstimme entsprochen haben. Der Sprung wäre also sehr viel mehr als eine Octave. In dieser Tonlage erloschen die Töne, obwohl die Reizung weiter ging. Alles zusammen vollzog sich in drei bis vier Secunden. Die Angaben über die schliessliche Tonhöhe muss ich unsicher lassen, da das Eintreten des Phänomens von noch nicht bestimmten Zufällen abhängt und nicht häufig ist.

1) Der Magnet ist zu diesem Zweck horizontal gestellt, die Feder schwingt in einer zum Magneten senkrechten Ebene und schliesst beim Anziehen des Magneten die Nebenschliessung. Die secundäre Spirale wird direct auf den Magneten aufgeschoben.

Wenn ein Erfolg der Lobusreizung insofern sicher ist, als man eine Zeitlang auf die gleichmässige Erregbarkeit des Lobus rechnen kann, so hat die Reizung anderer Hirnteile nur unsicheren Erfolg. Von den an den Lobus angrenzenden Gebieten wird die Reizung nur selten beantwortet, von den am weitesten nach vorn gelegenen Stellen häufiger. Immer aber entspricht der Klang des Schlages, wenn man die vorderen Hirntheile reizt, dem der freiwilligen Entladungen, und die Entladung erfolgt genau in den kurzen Absätzen, wie bei dem spontanen Schlag des Thieres unter Wasser. Stromschleifen sind also hier durch die Art des Erfolges ebenso ausgeschlossen, wie beim Lobus durch den Tonwechsel in den vereinzelten Beobachtungsfällen. Es ist weiter wesentlich, dass die Thätigkeit des Organs hier nicht so lange anhält wie die Reizung und einzelne Male auch während derselben Reizungsperiode noch einmal aufgenommen wird. Auch ändert sich die Anspruchsfähigkeit des Hirns für die Reizung durch die Reizung selbst. Wenn das Hirn die ersten Male mit drei oder vier dicht gedrängten Spontanentladungen reagirt, reducirt sich diese Zahl bald auf zwei, und zuletzt bleibt für einen Augenblick ein leises, schabendes Geräusch noch übrig, danach reagirt dieselbe Stelle nicht mehr. Lagenänderung der Electroden hilft hin und wieder, aber nicht immer, und zuletzt kann man von der andern Hirnhälfte den gleichen Erfolg erzielen, wenn von der ersten nichts mehr zu erreichen ist.

Ohne sich auf Einzelheiten einzulassen, kann man aus dem Angeführten doch folgern, 1. dass in den vor dem Lobus electricus gelegenen Hirntheilen electrisch erregbare Partien vorhanden sind, und 2. dass dieselben im Stande sind, Erregungen in das Organ zu senden, deren Frequenz nicht mit der Frequenz der Reizungen übereinstimmt. Ob die Zwischenglieder, von denen die Entladungszahl abhängig ist, in den direct gereizten Stellen, oder im Lobus electricus zu suchen sind, kann die grobe Beobachtung freilich nicht entscheiden. Auf die Möglichkeit, dass die Umwandlung der durch die Inductionsschläge gesetzten Erregungen in den der natürlichen Entladungsform entsprechenden Erregungsgang im Lobus electricus stattfinde, muss trotz des Umstandes Rücksicht genommen werden, dass die Tonhöhe des Telephons zumeist mit der Reizzahl über-

einstimmt, wenn man den Lobus reizt. Es könnten hier zunächst die aus dem Lobus abgehenden Fasern von der Reizung betroffen werden, und auf die Thätigkeit der Ganglienzellen des Lobus wäre nur der Umstand zu beziehen, dass die Tonhöhe bei Lobusreizung sich während der Reizung ändern kann.

Mechanische Reizung der vor dem Lobus gelegenen Parthien blieb für's electrische Organ erfolglos. Die mechanische Reizung des Lobus deckt sich wohl mit der mechanischen Reizung der Nervenstämme. Kneifen und Zerschneiden der letzteren erzeugt ein schabendes, sehr leises Geräusch im Telephon, zu dessen Wahrnehmung schon Ruhe im Experimentirzimmer gehört. Kommt man beim Schneiden mit der Scheere an eines der beiden ableitenden Zinkbleche, so giebt die Berührung ein Geräusch für sich, und ich habe desshalb Aufmerksamkeit darauf verwendet, dass dieser Fehler ausgeschlossen bleibt. Zerquetschen der Nerven zwischen zwei Glasplatten giebt den gleichen Erfolg. Da chemische Reizungen fast unwirksam sind, und die mechanische Reizung an Quantität des Erfolgs in auffallendem Missverhältniss zur electrischen steht, ist es nicht gleichgiltig, ihre Wirksamkeit unter Bedingungen festzustellen, die die electromotorischen Fehlerquellen ausschliessen.

Zur chemischen Reizung habe ich mich concentrirter Lösungen der Kali- und Natronsalze (Chloride, Sulfate, Nitrate und Carbonate) bedient und von den meisten nur wenige Versuche gemacht, nachdem sich gefunden hatte, dass das Kochsalz auch als Brei, auf den frisch abgeschnittenen Nervenstamm aufgetragen, so gut wie gar nicht wirkt. Einlagerungen der Nerven in diesen Brei bis zu zehn Minuten Dauer blieben meist erfolglos, obwohl ein mitten in den Brei hineingeführter Scheerenschnitt an dem schabenden Geräusch im Telephon die Fortdauer der Erregbarkeit der Nerven beweist. Der Kochsalzbrei lag in einem Porcellanschiffchen, wie solche zur Verbrennungsanalyse gebraucht werden. An einem Kugelgelenk befestigt, lassen sich dieselben sehr bequem an das Organ heranbringen, und der geringe Raum, den sie einnehmen, würde sie für die gleichen Zwecke auch sonst recht brauchbar machen. Die positiven Erfolge, welche ich nun gehabt habe, ergaben sich allemal, wenn der Kochsalzbrei auf dem Zinkteller ausgeschüttet wurde, auf welchem

das Organ lag. Hier blieb das Organ ebenfalls in Ruhe, wenn der Nerv in den Kochsalzbrei eingelegt und danach in Ruhe gelassen worden war. Häufig jedoch fängt das Telephon für kurze Zeit leise zu singen an, wie eine Theemaschine, wenn man den Nerven in dem Brei quetscht oder schneidet. Da nur eine grössere Statistik darüber Aufschluss geben kann, ob die gemeinschaftliche metallische Unterlage für Nerv und Organ nöthig ist, damit das Phänomen entstehe, so muss ich mich damit zunächst begnügen, vom Organnerven anzugeben, dass er durch concentrirte Kochsalzlösungen sehr schwer, vielleicht gar nicht reizbar ist, und die Frage in suspenso lassen, ob in dem vorliegenden Fall der Nerv nicht erst durch den Organschlag gereizt wurde, nachdem er durch das Kochsalz erregbarer gemacht, und der erste Schlag durch das Quetschen erzeugt wurde.

Die Abtödtung durch Ammoniak geht auch relativ langsam vor sich, und der Nerv muss schon einige Zeit in der Aetzammoniaklösung liegen, ehe er todt ist. Ich habe nicht bemerkt, dass eine vorangehende Auffaserung der Nerven in gröbere Bündel von Froschischiadicus-Dicke das Absterben beschleunigt hätte.

Die Erscheinung hängt wohl mit dem grösseren Gehalt der Gewebeflüssigkeit der Torpedo an Salzen und andern Extractivstoffen, vor allem Harnstoff, zusammen. An den andern Nerven der Torpedo hat Herr Geh. Rath Kühne schon in den Osterferien 1892 in der Station die gleichen Beobachtungen gemacht und dort völlige Unerregbarkeit constatirt. Die Beobachtung ist leicht zu wiederholen.

Negative Schwankung beim Scheerenschnitt hat, bei entsprechender Empfindlichkeit der Boussole, gelegentlich anderer Arbeiten Herr Dr. Fuchs beobachten können.

Die hier angeführten Beobachtungen weiter zu zergliedern, wird Aufgabe besonders darauf gerichteter Untersuchungen sein müssen. Ich habe sie nicht weiter verfolgt, da es sich für mich zunächst nur darum handelte, mich im Allgemeinen über den Fisch und seinen Schlag soweit zu orientiren, als dies zur Untersuchung des zeitlichen Verlaufs des Schlages nothwendig war. Dass insbesondere eine eingehendere Untersuchung absolute Unempfindlichkeit gegen die sogenannten chemischen Reizmittel würde zu Tage fördern, ist

wohl von vornherein nicht anzunehmen. Als wesentlich aber ergab sich nebenbei, dass Nerv und Organ so dauerhaft überlebensfähig sind, dass die rheotomische Untersuchung gute Aussicht auf Erfolg hatte.

Versuchsanordnung.

Zum rheotomischen Studium des Schlages diente das von Wolf Wapler[1]) und David[2]) benutzte, von mir in seinen constructiven Theilen wesentlich umgeänderte Bernstein'sche Rheotom, dessen Details man in den unten angegebenen Arbeiten nachlesen möge. Bemerkt sei nur, dass zur Boussolableitung der von mir angegebene Rheotomschlüssel benutzt wurde. Da er durch Nebenschliessung die Zulassung der Organströme zur Boussole regulirt, so war er zur Ermittelung der electromotorischen Kraft des Schlages nicht zu brauchen. Er wurde daher durch eine andere, weiter unten zu beschreibende Einrichtung ersetzt, nachdem der zeitliche Verlauf des Schlages in's Klare gebracht war.

Das Schema der Versuchsaufstellung sehe man in meiner Arbeit über den zeitlichen Verlauf der tetanischen negativen Schwankung[3]) nach, in der auch über die Bestimmung der Constanten des Instruments das Nöthige angegeben ist. Da der Organschlag an der Boussole eine mächtige Erscheinung ist, so konnte mit sehr kurzen Ableitungsdauern gearbeitet werden, die der Zeitdauer der ganzen Erscheinung gegenüber die Ausschlagswerthe dem Begriff einer Ordinate schon bedeutend näher bringen, als sonst bei Rheotomversuchen. Aus gleich zu erwähnenden Gründen war es aber unmöglich, die Dauer des Reizcontactes auf die bisher gebräuchlichen Zeiten zu beschränken. Seine Dauer betrug ungefähr 0,001 Secunde. Die Boussolzeit war wesentlich kürzer und lag noch unter 0,0003 Secunden. Aus gleich anzugebenden Gründen konnte sie jedoch nicht genau bestimmt werden: Die Bestimmung der Reizcontact-

1) Wapler, Beiträge zur Kenntniss der tetanischen Erregungsvorgänge am Froschmuskel. Dissertation. Würzburg 1890.

2) David, Versuche über den zeitlichen Verlauf der tetanischen Erregungsvorgänge im blutdurchströmten Kaninchenmuskel. Dissert. Würzburg 1890.

3) Versuche über den zeitlichen Verlauf des Muskelstromes im Tetanus. Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 45 S. 134.

dauer, die ich, des bequemeren Namens wegen, die Streifzeit nennen will, ist unsicher. Ist nun die Boussolableitung kurz und nur von solcher Grösse, dass die Streifzeit gegen jene nicht vernachlässigt werden kann, so ist zur Bestimmung der Boussolzeit auch die Methode unbrauchbar, in welcher man die Rheotomstellen aufsucht, in denen Anfang und Ende des Boussolschlusses mit dem Ende der Streifzeit zusammenfallen. Von dem so ermittelten Werth müsste noch die Streifzeit abgezogen werden und er wird um die Grösse unsicher, um welche jene ungenau ist. Ist die Streifzeit lang und die Boussolzeit kurz, so kann man desshalb die Ablenkungsdauer einigermaassen richtig nur aus dem Verhältniss von Ablenkung bei dauernd geöffnetem und periodisch geöffnetem Rheotomschlüssel ermitteln. Umfasst aber die Boussolzeit nur den kleinen, unter $^1/_{400}$ der Rheotomperipherie gelegenen Bruchtheil der Umlaufszeit, den ich benutzte, so ist die Methode auch ungenau, da die Zahlenwerthe der Ablenkungen während der Rotation klein sind. Kleine Bruchtheile der Umlaufszeit ist man aber bei Torpedo aus folgenden Gründen zu nehmen gezwungen.

Die Ableitungszeiten lassen sich ändern durch Wechsel in der Einstellung von Ableitevorrichtungen bei unveränderter Umlaufszeit, oder durch Wechsel in der Umlaufszeit bei unveränderter Einstellung der Ableitungsvorrichtungen. Letztere lässt die Ausschlagswerthe unverändert und gestattet, bei schwachen electromotorischen Kräften grosse Ausschläge zu erhalten, die erste Methode ändert den Ausschlag und giebt für kurze Boussolzeiten kleine Ausschläge. Sie ist aber für die Oeconomie der Reizungen praktischer, da der Vorrath von Ueberlebensenergie auf eine grössere Zahl von Ablesungen vertheilt werden kann, als im zweiten Falle. Da die Schwingungsdauer der Boussole dieselbe bleibt, kommen im ersten Falle weniger Reizungen auf die einzelne Ablesung, als im zweiten

Für die Benutzung des Nervorgan-Präparates kommt letzteres nicht in Betracht, denn es ist zähe genug, um mehrere Stunden vorzuhalten; wichtig ist jedoch die ungewöhnliche Dicke seiner Nerven.

Dieselben erreichen bei grösseren Exemplaren Dicken von über 4 mm, ihr Querschnitt übertrifft wohl bis zu fünfzigmal den eines mittleren Froschischiadicus in der Kniekehle, in der Gegend, wo man gewöhnlich die Electroden am Froschschenkel anzulegen pflegt.

Bei der gewöhnlichen Beschickung des Reizkreises mit einem Inductorium mit Nebenschliessung zur primären Spirale, ohne Eisenkerne, lässt sich auch bei sehr starken Batterien a priori von der gebräuchlichen kurzen Streifzeit von 0,00001 Secunden kaum etwas erwarten, da sie einen nur kleinen Bruchtheil der Entwickelungszeit des Stromes ausmacht.

Eine Beschickung des Kreises mit etwa 30 Daniel (16 Daniel und 6 Bunsensche Elemente) gab bei der bisher gebräuchlichen kurzen Streifzeit denn auch ungenügende Wirkungen, die auch dann noch unregelmässig blieben, als nach einander die Rollen über einander geschoben, die Nebenschliessung weggenommen, und die Eisenkerne eingelegt waren. Das Kennzeichen der submaximalen Reizung am Rheotom, Auf- und Abschwanken des Ausschlags während der Reizung, trotz regelmässiger Contactfunction, trat hier ganz auffallend hervor. Es musste somit die Streifzeit verlängert werden, damit der Stromentwickelung mehr Zeit gelassen, und die Inductionsschläge auf grössere Höhe gebracht werden konnten. Dies geschah einfach durch Benutzung dickerer Contactstifte — solcher von etwa 1,5 mm — genügende Schrägstellung derselben und breiterer Streifflächen auf ihrem Widerlager. Die Ausschläge wurden danach regelmässig, und die Stromstärke war jetzt so weit gesteigert, dass bei ausreichender Annäherung auch zwischen den Enden der secundären Spirale Funken übergingen. Für die Hände waren die Schläge schon recht empfindlich. Auch im primären Kreise findet unter diesen Bedingungen eine lebhafte Funkenbildung statt, und es bedarf desshalb zur Controle des Contactganges weiter keiner besonderen Vorrichtung.

Die hier benöthigte Reizstärke ist dem von den Nervmuskelpräparaten des Frosches her an andere Reizschwellen Gewöhnten etwas sehr Auffälliges, und man fragt sich unwillkürlich, ob die früheren Untersucher des Organes auch mit genügenden Reizstärken gearbeitet haben. Da die Ueberlebenszähigkeit an sich gross genug, und ein ausreichender Schlagvorrath für die Ueberlebenszeit vorhanden ist, wird man vor allem den Untersuchungen gegenüber stutzig, welche sich mit der chemischen Vergleichung des ruhenden und thätigen Organs befasst haben. Die Geringfügigkeit der Unter-

schiede wäre möglicher Weise auf ungenügende Reizstärken zurückzuführen, zumal da häufig genug alle vier Nerven zugleich auf den Electroden lagen, und die telephonische Controle nicht einwandfrei ist. Wie sich aus dem Späteren ergiebt, muss wahrscheinlich auch auf ausreichenden Electrodenabstand Rücksicht genommen werden — solchen über 15 mm in minimo —, da bei engeren Abständen die Erfolge nicht immer sicher oder submaximal sind. Mit Bezug auf die erschöpfende Reizung sind vielleicht nur die Strychninvergiftungen einwandfrei.

Ich verwahre mich ausdrücklich dagegen, dass die hier hervortretende schwere Reizbarkeit der Nervenstämme in toto zur Stütze irgend einer Theorie über eine angebliche Immunität des Zitterrochens gegen electrische Schläge, sie sei absolut oder relativ, gemacht werde; denn die Erscheinung beruht in vorliegendem Falle ausschliesslich auf der Dicke des Gesammtstammes. Die Schwellenwerthe für die einzelnen Fasern aber sind, entgegen den Angaben Boll's[1]), sicher derselben Ordnung, wie die des Frosches. Fasert man den Stamm eines electrischen Nerven auf, bis die Bündel so dünn geworden sind, wie die Froschischiadici, so liegen die Rollenabstände, bei welchen man eben reizen kann, in denselben Gebieten, wie beim Frosch; also: wenn man ein Bunsensches Element und das gebräuchliche Hirschmann'sche Modell des Inductionsapparates nimmt, in den Rollenabständen zwischen 30 und 40 cm. Ich habe, weil ich seit zwei Jahren nicht mehr an Fröschen experimentirt hatte, mich besonders noch einmal durch den Vergleich überzeugt. Es kommt auch vor, dass der Torpedonerv empfindlicher ist, als der Froschnerv, wenngleich selten. Dass innerhalb des Nervenstammes die Empfindlichkeit schwankt, ist bekannt, und man darf daher den Versuch nicht so machen, wie ihn Boll anstellte, dass man Frosch- und Torpedonerv über dieselben Electroden brückt, und die Rollenabstände aufsucht, bei denen der eine oder der andere Muskel zuckt. Man muss in diesem Falle mehr die allgemeine Statistik berücksichtigen, als den einzelnen Fall. An demselben Froschischiadicus kann man, je nach der Berührungsstelle der

1) Archiv f. Anatomie, Physiologie u. wissensch. Medicin, 1873, S. 83.

Electroden als Schwelle der Reizung Entfernungen zwischen 30 und 45 cm für die secundäre Spirale finden.

Für den electrischen Nerven wenigstens müsste man sagen, dass die Schwellenwerthe der Reizung dieselben sind, wie für den Frosch, und man hätte sich eher darüber zu wundern, dass er resistent genug gebaut ist, um das Auffasern mittelst der Nadel zu vertragen, ohne leitungsunfähig oder unerregbar zu werden.

Die benutzte Boussole ist von Plath bezogen und nach dem Hermann'schen Modell gebaut. Die Trägheit des Gehänges kann man zweckmässig noch etwas verkleinern, wenn man von der Spiegelfassung absieht und statt dessen im Spiegel selbst zwei Durchbohrungen benutzt, deren eine den Haken für den Coconfaden, deren andere den den Magneten tragenden Draht aufnimmt. Die Rückkehr aus der Ablenkung zur Ruhelage vollzog sich in etwa vier Secunden. Bei dem gewählten Astasiegrade trieb die stärkste Phase des Schlages bei Benutzung nur eines Klemmenpaares der einen Hydrorolle die Skala gelegentlich noch aus dem Gesichtsfeld, wenn die Rolle um 7 ½ cm aus der Stellung entfernt war, in welcher sie vollständig aufgeschoben war. Der Widerstand des Gewindes betrug 1850 Ohm, der des Organes wechselte natürlich, je nach der Grösse und je nachdem das ganze Organ oder nur Theilstücke benutzt wurden. Um einige Zahlen anzugeben, so genügte als kleinster Werth 125 Ohm, ein mittlerer Werth war etwa 200 Ohm, wozu dann noch die unpolarisirbaren Ableitungsstücke mit etwa 20—25 Ohm hinzukommen. Die Empfindlichkeit des Instrumentes war etwa so, dass bei rotirendem Rheotom auf je ein Daniel etwa 23– 26 Skalentheile Ausschlag kamen, wenn die Boussolrolle auf dem zumeist benutzten Abstand von 7,5 cm vom Magneten stand, die Ableitungszeit circa 1/600 der Umlaufsdauer betrug, und ein todtes Organstück von gangbaren Dimensionen nebst unpolarisirbaren Ableitungsvorrichtungen sich im Kreise befand. In den zu Ende dieser Arbeit mitgetheilten Versuchsprotokollen kann man also aus den Ausschlägen näherungsweise auf die in's Spiel kommenden electromotorischen Organkräfte in Daniels schliessen, wenn man die Ausschlagszahlen durch 25 dividirt.

Die Umlaufszeit des Rheotoms war 0,2 Secunden. Bei Aus-

schlägen über 200 Skalentheile geht dann von Umlauf zu Umlauf die Skala jedesmal mit einem merklichen Ruck ein Stück zurück, so dass es schwer wird, auf einzelne Skalentheile genau abzulesen; bei Ausschlägen über 300 Skalentheile kann man nur noch auf fünf Skalentheile genau ablesen; zwischen dem vierten und fünften Hundert wird es nachher schon schwer, die Zahlen zu erkennen, und die Fehler werden grösser, ohne indessen bei den grossen absoluten Werthen das Resultat beträchtlich zu beirren. Geringere Empfindlichkeit wäre also sonst schon vortheilhaft, es gehen aber mit ihr eine Reihe von bemerkenswerthen Resultaten über die Latenz und den Schlaganfang verloren, so dass es vor der Hand wenigstens nicht zweckmässig wäre, mit noch geringerer Empfindlichkeit zu arbeiten.

Die ableitenden Electroden bestehen aus der üblichen Combination: also Zink, Fliesspapier mit Zinksulfat, dann kommt eine Lage Fliesspapier mit Seewasser getränkt, und darüber bei der einen Electrode noch Kochsalzthon, mit Seewasser angeknetet. Die Bauchseite des Organes kommt nach unten, die Rückenseite nach oben. Da die Diffusion des Zinksulfats von oben nach unten schneller geht, und gelegentlich das Fliesspapier mit Seewasser durchdringen könnte, so wurde für die obere Electrode noch eine Lage Seesalzthon eingeschaltet. Die Thonplatte wurde ein gutes Theil grösser genommen, als den Fliesspapierlagen entsprach, und an den freien Kanten aufgebogen. Abtropfendes Zinksulfat fing sich dann in der so gebildeten Rinne. Die Maasse für den unteren Bausch sind $10 \times 5 \times 2$ cm, die für den oberen $5 \times 2 \times 0{,}75$ cm. Die Drahtverbindungen sind alle in Gummischläuche eingehüllt, da hier im Aquarium selbstverständlich Seewasser auf alle Tische kommt, und die Tische der fast wasserdampfgesättigten Luft wegen nicht immer gründlich genug abzutrocknen sind; besonders nothwendig ist die Maassregel indessen nicht gewesen.

Das auspräparirte Organ ist nur mit ganz besonderen Maassregeln so zu legen, dass die Säulen dieselbe Lage einnehmen wie in einem auf dem Bassinboden platt liegenden Thier. Dass es besonders nöthig sei, für mathematisch geradlinige Streckung der Säulen zu sorgen, glaube ich kaum, da das Organ fast ebenso sich

drehen, biegen und wenden lässt, wie ein Blutkuchen von den gleichen Formen oder ein Stück gequollene Gelatine, und der Fisch sogar mit gekrümmten Organen seine kräftigsten Hiebe austheilt. Ich habe desshalb auch nur bei den zeitweilig benutzten Theilstücken grösserer Organe die normale Lage der Stücke durch Unterfüttern von Kork herzustellen gesucht. Es hat dies keine besondere Mühe, da der Thon und die Rückenhaut des Organes leicht zusammenbacken, und das Organstück dann von dem Thonschild mit in die Höhe genommen wird.

Zur Darstellung des Präparates verfährt man am besten folgendermaassen: Man legt, wie oben angegeben, die Membrana atlanto-occipitalis frei, durchtrennt die Medulla oblongata und bohrt das Rückenmark aus, wendet danach das Thier um und schneidet ihm das Herz aus. Letzteres hat den Zweck, das Thier, und vor allem die Kiemen, so rasch wie möglich zu entbluten; denn der Blutreichthum dieser Theile ist für eine sorgfältige Präparation sehr störend. Die Entfernung des Herzens verbindet man am besten sogleich mit der Abtragung des — jetzt natürlich obenliegenden — Bodens der Mundhöhle, welche nothwendig ist, um bequem an die Nerven heranzukommen. Man hebt dazu den Unterkiefer, führt eine Scheerenbranche — sofort möglichst tief — in's Maul ein und schneidet, am Mundwinkel beginnend, möglichst viel auch noch von der seitlichen Begrenzung der Mundhöhle fort. Die Schnitte sollen so durch die inneren Oeffnungen der Kiemenspalten gehen, dass sie diese fast ganz mit wegnehmen. Man macht die Schnitte gleich auf beiden Seiten. Danach wird die Schleimhaut des harten Gaumens weggenommen, und, von rückwärts nach vorwärts gehend, die Ansatzstelle der Kiemenbögen möglichst dicht an der Schädelbasis abgetrennt. Man kann dabei getrost, ohne viel Verletzungen fürchten zu müssen, sich mit der einen Scheerenbranche hart zwischen Nerv und Kiemenbögen durchdrängen. Die beiden Schnitte haben nun die elektrischen Nerven auf einen grossen Theil ihrer Länge freigelegt. Der Rest der Präparation geht von den Organrändern aus. Es ist bequemer, das Thier dazu wieder umzudrehen, so dass das Blut von der bisherigen Schnittfläche noch abfliessen kann.

Bei dem jetzt wieder auf dem Rücken liegenden Thiere entfernt man zunächst auch noch zweckmässig die Schädeldecke, wobei man den Schnitt soviel wie möglich von der seitlichen Schädelwand mitnehmen soll. Die Nervenursprungsstellen liegen dann sofort ganz frei. Nun umschneidet man den Rand des Organes, ein wenig ausserhalb seiner Begrenzungslinie sich haltend, zunächst an der inneren Seite, mit den Schnitten dabei zwischen Organ und Kiemenkorb in die Tiefe dringend. Grosse Blutgefässe markiren meist die Eintrittsstelle der Nerven. Sie sind auch ohnedies kaum zu verfehlen und werden nur bei den Erstlingspräparationen angeschnitten. Sobald man die Eintrittsstellen aller vier Nerven freigelegt hat und zwischen ihnen ein wenig in die Tiefe gedrungen ist, geht man dem Verlauf der einzelnen Stämme nach und schält sie, ohne besondere Mühe, aus dem umgebenden Gewebe aus. Letzteres lässt sich bereits vollständig bis an den unteren Organrand von oben her fortnehmen, so dass dieser Theil der Präparation mehr Geduld und scharfe Scheeren, als besondere Geschicklichkeit bedarf.

Wenn die Nerven freigelegt sind, so dass nichts mehr an ihnen haftet, als das Organ auf der einen und der Schädel auf der andern Seite, wird das Organ auch an den andern Rändern aus dem Thier herausgeschnitten. Schwierigkeiten macht hierbei der vordere innere Rand, der mit den Savischen Bläschen ausgefüllt ist, die sich schwer anfassen lassen, und bei denen auch die Seiten des Organs etwas unbequemer freizulegen sind. Wenn die Umschneidung des Randes fertig ist, und die Seiten des Organes möglichst viel über die halbe Dicke hinaus abgetrennt sind, dreht man das Thier um und vollendet den Rest der Operation in gleicher Weise von der andern Seite.

Will man vom Lobus electricus aus reizen, so ist der Schädel vorn in Augenhöhe, hinten zwischen Atlas und Occiput abzutrennen, und das Präparat so auf die Electroden zu bringen. Letzteres ist auch zweckmässig, wenn man — bei ganz kleinen Thieren — alle vier Nerven auf einmal reizen will. Andernfalls schneidet man vom Präparat einen Nerven mit seinem Innervationsgebiet ab und benutzt ihn so. Die Schnittlinien gehen dazu radiär zwischen der Eintrittstelle der Nerven in den Schädel einerseits und in's Organ

andererseits durch letzteres hindurch. Die Theilstücke sind ebenso gut brauchbar wie das ganze Organ, und handlicher, als letzteres.

Begonnen wurde die Untersuchung mit der Bestimmung des Schlagverlaufs bei Inductionsschlägen. Als erst eine Reihe von Versuchen durchgeführt worden war, zeigte sich indessen, dass die Reizung durch den Inductionsschlag nicht als ein einheitlicher Vorgang zu betrachten war, und dass die Voltaschen Alternativen, anelectrotonische und katelectrotonische Erregbarkeitsänderungen in einer vorläufig so unklaren Weise sich in das Resultat der Reizung einmischten, dass eine Auseinanderlegung der einzelnen Factoren noch nicht möglich war. Es wurde daher, um einheitlichere Reizungsbedingungen zu schaffen, zur Reizung mit constanten Strömen kurzer Dauer übergegangen. Die Erfolge der Reizung sind hier einigermaassen übersichtlich. Ich setze sie daher in der Schilderung voran.

Der Schlagverlauf bei Reizung mit kurzdauernden constanten Strömen. Vorbemerkungen über scheinbaren physikalischen Electrotonus am Organ.

Bei der Beobachtung der nachfolgends zu beschreibenden Erscheinung waren die Theilstücke des Organs mit unpolarisirbaren Electroden versehen, der Nerv mit dem Schnittende an einen Seidenfaden geknüpft und mässig straff angezogen. Von den als Reizelectroden dienenden Du Bois'schen Thonstiefeln stand die periphere etwa 1—1,5 cm von der Eintrittsstelle der Nerven in's Organ, die intrapolare Strecke war über 1 cm. Im Reizkreis befinden sich 16 Daniel und 6 Bunsen'sche Elemente. Man beobachtet dann, je nach der Stromesrichtung beim Schliessen oder Oeffnen des Reizkreises, oder auch bei beiden, eine einmalige Bewegung der Skala, während des Stromschlusses ausserdem noch eine dauernde Ablenkung. Der Sinn der letzteren wechselt mit der Richtung des constanten Stromes, ist aber nicht von ihr abhängig. Es kann die Dauerablenkung bei aufsteigendem Strome sowohl wie bei absteigendem in der Richtung des Schlages verlaufen, als auch umgekehrt. So lange man an den Ableitungsvorrichtungen und an den Electroden nichts ändert, ändert sich auch der Sinn der Ablenkungen nicht.

Bei ganz kurzen intrapolaren Strecken, welche etwa das Doppelte der Nervendicke betragen — unter 1 cm —, sind die constanten Ablenkungen sicherlich kleiner als bei grossen intrapolaren Strecken. Zerschneiden der Nerven mit Wiederzusammenlegen der Schnittenden, Unterbindung der Nerven beseitigen die Ablenkungen vollständig, wenn die Schnittstelle einige Millimeter von der peripheren Electrode bleibt. Liegt sie ihr dicht an, so sind die Ausschläge nur stark herabgesetzt. Dagegen kann man den Nerven in dem Hilus zerschneiden, in welchem er in's Organ eintritt, und den Schnitt so legen, dass er noch durch einige Bindegewebsrestchen in seiner Lage gehalten wird, oder den gänzlich abgetrennten in den Hilus einführen: beide Male wird man keine Ablenkungen erhalten. Die Ablenkungen nehmen ab, wenn die Strecke von der peripheren Electrode bis zum Organ wächst. Die beobachteten Maximalwerthe waren etwa 250 Skalentheile. Da die Ableitungszeit bei den Rheotomversuchen unter $^1/_{400}$ des Umfangs blieb, könnten sie in die während der Rotation beobachteten Ausschläge höchstens mit $^1/_2$ Skalentheile eingehen, mit Werthen also, die gegen 400—500 Skalentheile wohl recht verschwindend sind. Ich will die Ströme, um einen ganz unbefangenen Namen für sie zu haben, Additivströme nennen. In der folgenden Tabelle stehen alle Fälle, bei denen ich mir den Sinn des Ausschlages notirt und mit der Richtung des Organschlages verglichen habe. Ein + bedeutet, dass der Additivstrom die Richtung des Organschlages hatte, ein — die entgegengesetzte Richtung. Die Zahlen bedeuten den Ausschlag in Skalentheilen. Das Zeichen ↓ bedeutet absteigende, das Zeichen ↑ aufsteigende Stromesrichtung. Die electrischen Nerven sind ihrer Reihenfolge nach, vom vordersten angefangen, mit Nummer 1—4 bezeichnet. Die Messungen geschahen allemal nach Beendigung der übrigen Versuche, damit man die Durchtrennung mit Zusammenlegen der Schnittenden, oder die Unterbindungsprobe anstellen konnte. Dieselbe fiel, ausser bei Thier 27, sofort negativ aus, bei letzterem blieben die Stromschleifen ebenfalls aus, als die Electroden etwas verlagert wurden.

Versuchs-No.	Nerv	Additivstrom in Skalentheilen		
25	1 u. 2	↓ + 14		
	4	↓ — 230	↑ + 170	10 mm Abstand zwischen Electroden u. Organ.
		↓ — 45	↑ + 45	15 mm Abstand zwischen Electroden u. Organ.

Nach Nervendurchschneidung etc. 0.

Versuchs-No.	Nerv	Additivstrom in Skalentheilen		mm intrapolare Strecke
26	3	↓ + 32	↑ − 36	
27	4	↓ + 145	↑ − 140	
		Nach Nervendurchschneidung etc. 0.		
		↓ + 7	↑ − 7	
28	4	↓ − 40	↑ + 21	3
		− 99	+ 49	6
		− 110	+ 110	10
		− 90	+ 80	30
		− 30	+ 15	2
		− 41	+ 41	10
		− 25	+ 25	20
30	3	↓ + 67	↑ − 130	
32	3	+ 175	− 120	
36	4	+ 50	− 58	
37	1 u. 2	− 110	+ 20	
	3	− 52	+ 55.	

Von den an zehn verschiedenen Nerv-Organpräparaten angestellten Versuchen gaben sechs die Additivströme bei absteigendem Strom, vier bei aufsteigendem Strom in der Richtung des Schlages. Da mit der Durchschneidung beim nachmaligen Zusammenlegen der Schnittenden und mit der Unterbindung die Erscheinung schwindet, so kann es sich nicht um Stromschleifen handeln, welche auf anderm Wege, als dem des Nerven, in's Organ gerathen sind. Wenn man den Erfolg der Durchtrennung so deuten wollte, dass irgend einem den Erregungsvorgängen zugehörigen Vorgang der Weg zu den Platten abgeschnitten würde, so würde man sich mit dem Umstand in Widerspruch finden, dass bei gleicher Stromesrichtung im Nervenkreise die Additivströme bald gleiches, bald entgegengesetztes Vorzeichen mit jener haben.

Betrachtet man — aus gleich viel welchem Grunde erzeugte Stromschleifen bei der Erklärung der Erscheinung als ausgeschlossen, sobald nach der Durchschneidungsprobe keine electromotorischen Wirkungen jenseits der Schnittstelle mehr auftreten, so muss zugegeben werden, dass auch andere, durch eine hypothetische Richtkraft des polarisirenden Stromes am intacten Nerven gesetzte Veränderungen, welche in unserem Präparat neue electromotorische

Kräfte hervorrufen, oder bereits vorhandenen andere Richtungen anweisen und zur Erklärung herbeigerufen werden könnten, ebenfalls nicht gesetzmässig ablaufen. Entweder reicht die Wirkung des Stromes im Nervenkreise längs der Fasern bis zu den Platten — und dies ist bereits ausgeschlossen —, oder sie reicht nur streckenweise in die Nervenstämme hinein. In letzterem Falle könnte das endliche Resultat ganz wohl durch Zufälle bestimmt werden, in Folge deren die Fernwirkung des Stromes sich in einem Nervenast weiter erstreckte als im andern. Nun vertheilen sich zwar Nerv 3 und 4 sehr schnell nach ihrem Eintritt in's Organ nach allen Seiten. Nerv 1 und 2 aber, welche das Organ in grösserer Breite durchsetzen müssen, schicken grössere Stämme auf längere Strecken noch quer durch's Organ in einer Fläche, welche das Organ etwa in zwei gleich dicke, obere und untere Hälften theilen würde. Hier bliebe es immer auffallend, dass die Additivströme bald mit, bald wider den Organstrom verlaufen. Im Uebrigen ist zu schliessen, dass der Sitz der Additivströme überhaupt nicht weit in das Organ hineinreicht, da sonst eine Verschiebung des Nervenelectrodenpaares centralwärts um 5 mm nicht gleich die ganze Erscheinung auf $^1/_4$ bis $^1/_3$ ihrer Grösse herunterdrücken könnte, wie dies bei Versuch 25, Nerv 4 beispielsweise notirt ist. Auch hätte man mit dem Wechsel der Stromesrichtung im Nervenkreise wohl Wechsel der Stromesrichtung im Organkreise zu gewärtigen, nicht aber die oft recht bedeutenden Aenderungen der Ausschlagswerthe, die zumeist mit dem Richtungswechsel verbunden sind.

Nach den kurzen Angaben von Sachs[1]) findet sich die gleiche Erscheinung am Zitteraal, und zwar ist für sie „keine Regel aufstellbar“, obwohl, wie ich es zum wenigsten herauslese, Du Bois-Reymond eine solche vermuthet.[2]) Die hier angeführten Thatsachen lassen vermuthen, dass Dr. Sachs Recht gehabt hat, und dass die Erscheinung irgendwie aus dem Umstand zu erklären ist, dass der Nerv hier plötzlich in einen, für diesen Fall indifferenten, electrischen Leiter von grossem Querschnitt eintritt. Man wird auch

1) Dr. C. Sachs, Untersuchungen am Zitteraal etc. S. 189.

2) ebenda S. 190.

darauf verzichten müssen, aus dieser Erscheinung einen Unterschied[1]) zwischen Muskel und electrischem Organ, zwischen letzterem und dem Nerven eine neue Beziehung herzuleiten. Die Beziehungen zwischen dem Nerven und der electrischen Platte mögen engere sein, als die zwischen ihr und dem Muskel, aus dem scheinbaren Electrotonus des einen wie des andern Organes können sie jedenfalls nicht erschlossen werden.

Die oben erwähnte einmalige Bewegung der Skala im Sinne des Schlages ist ohne Zweifel als Schlag selbst zu betrachten. Wenn der Schliessungsschlag ausfällt, bewegt sich die Skala in der Richtung des Additivstromes, ohne über ihre nachherige Ruhelage hinauszugehen. Ist Additivstrom und Schlag gleichgerichtet, so hebt der Schlag von der durch den Additivstrom gegebenen Ruhelage als Ausgangsstellung an, im andern Falle von der Ruhelage der Nadel aus, so dass bei gleichsinnigem Schlag und Additivstrom für den Schlag die durch den Additivstrom gegebene constante Ablenkung als Abscisse gilt, bei entgegengesetzter Richtung beider Ausschläge aber die Ruhelage der Skala in stromlosem Zustande. Mit der verfügbaren Stromstärke wurde übrigens häufig nur die mittlere Stufe des Zuckungsgesetzes erreicht.

Indem ich nun zur Schilderung des Schlagverlaufs selbst übergehe, bemerke ich noch, dass immer gleichzeitig eine Ablesung für den aufsteigenden und absteigenden Strom vorgenommen wurden, indem jedesmal nach der einen Ablesung der Strom im Reizkreis gewendet und die Ablesung wiederholt wurde, ehe eine neue Stellung der Reizcontacte aufgesucht wurde. Man erhält somit für die graphische Darstellung zwei Curven, deren denselben Zeiten angehörende Ordinaten auf nahezu der gleichen Ermüdungsstufe des Organs gewonnen wurden. Die Curven je eines Paares sind desshalb unmittelbar mit einander vergleichbar.

Die Beobachtung gestaltet sich nun wie folgt. Ausgehend von einer Schieberstellung, welche der Nullstellung des Instrumentes entspricht, durchwandert man mit dem Reizcontact erst eine Strecke, innerhalb deren sich keine Ausschläge an der Boussole zeigen. Die Strecke ist verschieden lang je nach dem Abstand, welchen die Elec-

1) a. a. O. S. 191.

troden vom Organ haben, und je nachdem man mit dem aufsteigenden oder absteigenden Strom arbeitet. Sie entspricht der Latenz der Muskelzuckung.

Arbeitet man mit dem absteigenden Strome, so findet sich danach eine Schieberstellung, in welcher man die ersten Spuren eines Ausschlages beobachtet. Die Strecke, innerhalb deren man aus dem ausschlagslosen in das Gebiet der beginnenden Ablenkungen hineinrückt, beträgt etwa $^1/_8$ bis $^1/_{10}$ Rheotomgrad, also zwischen 0,0002 bis 0,00025 Secunden. Bei einer weiteren Verschiebung um den gleichen Werth aus der Stellung, in welcher man im Zweifel war, ob die Ablenkung von $^1/_2$ Skalentheil zufällig war oder nicht, wird man nicht mehr im Zweifel sein, dass man den Anfang des Schlages vor sich hat; denn die Ausschläge wachsen jetzt ganz rapid. Sie erreichen bei einer weiteren Durchwanderung des Schlaggebietes um etwa 1—1 $^1/_2$ Rheotomgrade, also nach 0,002 bis 0,003 Secunden, ihr Maximum, indem sie erst schneller als die durchwanderte Rheotomstrecke, danach geradlinig und dann langsamer als die durchwanderten Rheotomstrecken wachsen, um sodann in umgekehrter Reihenfolge zu fallen und sich endlich nach zwei bis fünf weiteren Rheotomgraden, entsprechend 0,004 bis 0,01 Secunde, zu verlieren.

Den Ausgangspunkt des Schlages kann man durch Steigerung der Empfindlichkeit der Boussole zumeist nur um geringe Bruchtheile eines Grades, selten schon um 0,0001 Secunde nach vorwärts verlegen, das Ende des Schlages lässt sich mit verfeinerten Hülfsmitteln sehr viel weiter verfolgen, und ich glaube, dass es besondere Schwierigkeiten nicht hätte, die Reste des Schlages noch um die ganze Rheotomperipherie herum zu beobachten. In dem der Abscisse im Wesentlichen parallel verlaufenden Theile des Schlages wurden Andeutungen einer nochmaligen Erhebung gefunden, um deren Erklärung ich mich noch nicht bemüht habe, und welche bei den weiteren Betrachtungen vorläufig als unwesentlich bei Seite gelassen werden sollen.

Die Curve des durch absteigend gerichtete Stromstösse erzeugten Schlages steigt also, nach einer bestimmten Latenzzeit, für kurze Zeit concav zur Abscisse an, steigt dann, und dies

öfter auf lange Strecken, geradlinig weiter an, wird dann convex zur Abscisse, sinkt dann wiederum, erst convex und später concav zur Abscisse werdend, und nähert sich dann letzterer assymptotisch. Das Gebiet des absteigenden Curventheiles, in welches man schätzungsweise das Schlagende zu verlegen hat, wenn man von dem assymptotisch verlaufenden Rest absehen will, ist zumeist recht bestimmt gekennzeichnet. In den Curven 31, 36, 45, 50, 54 und vielen anderen wird man über die Abgrenzungsstelle kaum im Zweifel sein.

Die durch einen einmaligen, kurzdauernden, absteigend gerichteten Stromstoss vom Nerven aus erzeugte Entladung des Torpedoorganes ist also einfacher, nicht oscillirender Natur. Im Verlaufe ihrer Curve lässt sich zugleich nichts finden, was darauf hindeutete, dass dieselbe die Resultirende mehrerer ungleichzeitig beginnender und ungleich geschwind verlaufender electrischer Vorgänge sei. Da dies, wie schon erwähnt, nicht bei allen Reizungsarten der Fall ist und, wie gleich hinzugefügt werden soll, fast ausschliesslich bei ihr der Fall ist, so muss die so erzeugte Entladung vorläufig als einziger Typus der durch einen Momentanreiz erzeugten Entladung betrachtet und kann desshalb zunächst allein zum Vergleich mit den vergleichbaren Grössen bei der Reizung anderer irritabler Substanzen herangezogen werden. Ich werde auf die Vergleichung dieser Grössen erst später eingehen, da zu ihrer richtigen Würdigung die Kenntniss einiger der später zu erwähnenden Punkte, vor allem der aus dem Schlagverlauf bei aufsteigender Richtung des Reizstromes zu erkennenden electrotonischen Erregbarkeitsänderungen in der Reizstrecke nöthig ist, und zunächst in der Schilderung des Schlagverlaufes fortfahren.

Bei Reizungen mit dem aufsteigenden Strom fällt zunächst auf, dass die Rheotomeinstellung, bei welcher die ersten Schlagspuren auftreten, nicht dieselbe ist, wie beim absteigenden Strom. Die Entladung beginnt vielmehr später und oft sehr viel später. Einzelne Fälle, in denen sie gleichzeitig mit der Entladung bei absteigend gerichtetem Strom auftritt, sind vorhanden, aber jedenfalls sehr in der Minderheit Bei der Beobachtung an der Boussole allein fällt zunächst auf, dass die Ausschläge viel langsamer wachsen, als bei absteigender Reizung, und erst später, nachdem öfter in

zwei einander folgenden Schieberstellungen der gleiche, hin und wieder sogar in der zweiten ein kleinerer Ausschlag abgelesen worden ist, ein Ansteigen des Stromes in gleicher oder ähnlicher Weise stattfindet, wie beim absteigenden Strom. Es ist also entweder das Stadium des langsamen, concav zur Abscisse gerichteten Anstiegs sehr viel länger bei aufsteigender Richtung des Reizstromes, oder es finden sich im ansteigenden Curventheil zwei concave und zwei convexe Stellen. Der dadurch in letzterem gebildete Buckel bildet sich häufig zu einem vollständigen Vorgipfel aus, indem die Abscissen vor dem definitiven Anstieg noch einmal abnehmen. Der Vorgipfel ist im Allgemeinen niedrig und wird selten über ein Drittel von der definitiven Schlaghöhe erreichen, ausnahmsweise jedoch erreicht er, als völlig ausgebildeter Gipfel und von dem zweiten durch eine tiefe Einsenkung getrennt, die gleichen Werthe, wie die zweite Erhebung.

Der bisher geschilderte Verlauf der Erscheinung ist von der Länge der intrapolaren Strecke abhängig und gilt als Regel für intrapolare Strecken von 10 mm und weniger. Bei intrapolaren Strecken über 30 mm lassen sich die Schläge an ihrer Form allein nicht mehr unterscheiden, wohl aber noch durch ihre Latenz. Es können beide Schläge an Höhe gleich sein, oder bald der eine, bald der andere höher ansteigen, als sein Partner, immer ist jedoch die Latenz bei aufsteigendem Strome grösser. Ueber die Abhängigkeit der Latenz selbst von der Electrodendistanz lässt sich so lange nichts Bestimmtes sagen, als lange man über die Bedeutung des Vorgipfels und desjenigen Theils der Curve im Unklaren ist, aus welchem sich jener bei der Reizung mit dem aufsteigenden Strome entwickelt. Die grössten beobachteten Latenzunterschiede fallen jedoch mit den grössten intrapolaren Strecken zusammen und sind auch dort einwandsfrei, insofern beide Schläge gleichartigen Verlauf zeigen, und das abweichende Verhalten des Curvenanfangs beim aufsteigenden Strom wegfällt. Die hier beobachteten Latenzunterschiede erreichen bei intrapolaren Strecken von 50 und 40 (38) mm Werthe von $^1/_{250}$ — $^1/_{200}$ (0,004 — 0,0055) Secunden. Die genannten Werthe sind aus den Ablesungsreihen entnommen, die zu den Curven 48 und 50 gehören. Als Gegenstück mag der ebenfalls

gut beurtheilbare Latenzunterschied aus dem Curvenpaar No. 36 mit 4 mm intrapolarer Strecke dienen, welche $^{1}/_{606}$ Secunde (0,0015 Sec.) beträgt.

Für die Reizung mit dem aufsteigenden Strom gilt also Folgendes: Die Curve hat häufig einen als gesonderter Vorgang in's Auge springenden ersten Theil, der zuweilen als Vorgipfel sich deutlich abhebt, und dessen Latenz gegen den Schlag bei absteigendem Strome gelegentlich Null, oft aber auch eine gut messbare Grösse ist. Der Vorgipfel verschwindet bei langen intrapolaren Strecken, und die Latenzunterschiede werden zugleich gross.

Ueber die Bedeutung der Latenzunterschiede bei den grossen intrapolaren Strecken ist ein Zweifel wohl nicht möglich. Die Erregungen gehen hier jedesmal vom negativen Pol aus, unabhängig von der Stromesrichtung, und man würde weiterhin auch bei kleinen intrapolaren Strecken den Theil der Entladung, welcher hinter dem Vorgipfel resp. hinter dem Theil der Curve liegt, aus welchem sich jener entwickelt, ebenfalls als einer vom negativen Pol ausgehenden Erregungswelle angehörig betrachten können. Für den Vorgipfel selbst liegen die Verhältnisse aber keineswegs klar.

Electrotonische Zuwachsströme, resp. der Seite 470 erwähnte scheinbare Electrotonus des Organs ist als Ursache auch dann auszuschliessen, wenn er in den ersten Augenblicken seiner Entstehung wesentlich stärker sein sollte, als die auf Seite 471 angestellte Rechnung ergiebt. Denn er würde dann bei absteigenden Strömen in entgegengesetzt gerichteten Ausschlägen sich sichtbar machen. Von einem Ausschlag aber, der der Schlagrichtung entgegengesetzt gerichtet war, habe ich bei keinem meiner Versuche etwas bemerkt, selbst dann nicht, wenn mit dem Schieber in die Nullstellung eingerückt wurde.

Danach müsste man zunächst daran denken, dass die den Vorgipfel erzeugende Erregung ebenfalls vom negativen Pol ausgeht und beim Durchtritt durch das Gebiet herabgesetzter Erregbarkeit an der Anode zwar nicht ganz unterdrückt, aber doch stark herabgesetzt würde. Da die Dauer des erregenden Stromes nur kurz ist, jedenfalls 0,001 Sec. nicht übersteigt, und die an electrotonische Hemmung noch während der Organentladung sehr wohl verschwinden

könnte, so wäre diese Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen. Sie wäre vor allem zur Erklärung derjenigen Curvenformen brauchbar, in welchen sich das Vorstadium wesentlich als eine sehr lange Verzögerung des Anstiegs äussert. Solche Curven wären z. B.: No. 26 bis 29, No. 33, 35, 37 und andere. Wenn diese Erklärung gelten soll, so müssen die Werthe für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung wesentlich höher angenommen werden, als sie sonst ausfallen würden, sobald es sich nachher darum handelt, dieselben zur Grundlage anderer Berechnungen, wie etwa die der Schlagdauer der einzelnen Platte zu machen.

Es ist aber weiter zu berücksichtigen, dass für einen Theil der Curven gar keine Latenzunterschiede vorhanden sind. Sicher ist dies der Fall bei den Curven 21, 22, 29, 33, 34, bei einigen andern ist der Unterschied mit Sicherheit kleiner als 0,0005 Secunde. Von den angeführten Fällen war bei No. 29 und 33 die intrapolare Strecke 25 mm. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung zu 25 m pro Secunde eingesetzt, würde dies einen Latenzunterschied von 0,001 Secunde, gleich $^1/_2$ Rheotomgrad verlangen, einen Werth, der die Fehlergrenzen meines Instruments merklich übersteigt. In Curve 21 ist die intrapolare Strecke allerdings nur 10 mm, aber der Curvenanstieg ist bei den ersten beiden Messungen so gleich, dass die Curven fast zusammenfallen. Man kommt dadurch zu so hohen Werthen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, dass man eine Verzögerung derselben durch anelectrotonische Erregbarkeitsherabsetzung eigentlich ausschliessen müsste. Wenn man letzteren danach doch noch zur Erklärung herbeiziehen will, so wird man die Frage aufwerfen müssen, ob nicht im ersten Augenblicke das Gebiet, in welchem die Erregung sich entwickelt, direct bis an die Anode heranreicht. Die bekannten Beobachtungen über die Verschiebung des Indifferenzpunktes während der Dauer der Durchströmung sprechen nicht dagegen. Für die intrapolaren Strecken von über 40 mm Länge würde eine solche Möglichkeit wohl ausgeschlossen sein. Bei ihnen finden sich aber auch nur die grossen Latenzen.

Man könnte sich also denken, dass im ersten Augenblick eines Stromschlusses — wir wollen die Zeit einmal noch gleich der unseres ganzen, zur Reizung verwendeten, aufsteigenden Stromstosses setzen —

die Erregung bis in die unmittelbare Nachbarschaft der Anode reicht — sie ist natürlich an der Kathode am stärksten und geht entweder unverändert durch das anodische Gebiet hindurch, weil die anodische Hemmung in der kurzen Zeit sich überhaupt nicht ausgebildet hat, — dann erhielte man einen proportional den Erregungszuständen wachsenden Schlag, also einen, der zuerst langsam ansteigt und dann plötzlich wächst, sobald die an der Kathode selbst gebildete Strecke grösster Erregungsdichtigkeit in die electrische Platte eintritt. Da diese Strecke beim absteigenden Strom voran in's Organ tritt, wäre der Unterschied in den Anstiegsformen genügend erklärt. Da ferner der Anelectrotonus nicht sofort in voller Stärke ausgebildet ist und jedenfalls, wenn er sich überhaupt entwickelt, seine bei der kurzen Schliessungsdauer überhaupt erreichbaren definitiven Werthe erst dann erreicht, wenn bereits ein Theil der dicht an der Anode entstandenen Erregung unter ihr durchgeglitten wäre, so fände die in einer Anzahl von Curven, z. B. in Curve 19, 20, 22, 32 und anderen, hervortretende Verzögerung der Schlagentwicklung ebenfalls ihre Erklärung.

Die hier gegebene Auffassung steht mit Angaben Wundt's[1]) in Widerspruch, nach welchen die anelectrotonische Hemmung in einer so kurzen Zeit nicht auftreten kann, und nach welchen in unserem Falle ausschliesslich eine Erregungssteigerung zu erwarten wäre. Die a. a. O. angeführte Mittheilung ist nun freilich als vorläufig bezeichnet, und die ausführliche Arbeit war mir leider nicht zugänglich. Ich glaube indessen nicht, dass Wundt Kettenströme von der Stärke benutzt hat, wie sie hier in Frage kamen, und es ist keineswegs ausgeschlossen, dass die Entwickelungszeit der anelectrotonischen Hemmung auch von der Stromstärke abhängig ist. Auch dann, wenn man annehmen wollte, dass der Vorgipfel einer an der positiven Electrode selbst entstandenen Erregung seinen Ursprung verdankt, würde man eine Herabsetzung der Leitungsgeschwindigkeit nicht missen können; denn ohne sie müssten die Latenzen bei beiden Stromesrichtungen gleich sein. Ohne Zuhülfenahme der anelectrotonischen Hemmung lässt sich auch der Umstand nicht erklären, dass bei Bildung des Vorgipfels die Ausschläge

1) W. Wundt, Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 3 S. 437.

hin und wieder nach dem ersten Wachsen wieder abnehmen, wie dies in den Curven 20, 21, 31 und 34 der Fall ist.

Aus dem Inhalt der vorangehenden Absätze wird man bereits ersehen haben, dass die Länge der intrapolaren Strecke eine den Reizungserfolg wesentlich bestimmende Grösse ist. Sie greift aber auch noch in anderer Weise in letzteren ein, insofern die absolute Grösse der Ausschläge wesentlich durch sie mit bestimmt wird. Bei den grössten intrapolaren Strecken sind zugleich auch die Ausschläge am grössten, bei kleineren und kleinsten Electrodenspannweiten können sie fast verschwinden, wie folgende Tabelle aufweist. Es betragen die grössten Ausschläge:

in Versuch	Curve	Intrapolare Strecke in mm	Ausschläge in Skalentheilen ↓	↑
		3	4	5
XXVIII	39	10	16	58
	40	30	184	184
	41	5	60	155
	42	30	184	172
	43	4	41	102
	44	30	158	122
XXX	45	50	252	276
	46	5	22	41
	47	20	73	9
	48	50	355	325

In Versuch XXVIII wurden ausserdem noch bei der Schieberstellung 25 ½, welche ziemlich dem Ausschlagsmaximum bei absteigender Stromesrichtung entspricht, die Electrodenspannweiten durch Verschiebung ausschliesslich der centralen Electrode geändert. Latenzänderungen würden in diesem Falle nicht zu erwarten sein. Die Aenderungen der Ausschläge können deshalb nicht darauf bezogen werden, dass eine andere Schlagphase zur Ableitung kommt.

Es waren bei 4. 30. 5. 3. 30 mm Spannweite
die Ausschläge 9. 110. 72. 38. 96. Scalentheile

Auf einige andere Erscheinungen, insbesondere auf Beziehungen zwischen Spannweite und Stromstärke, welche noch nicht genauer untersucht werden konnten, kann ich noch nicht eingehen. Dass Besonderheiten hier noch zu beobachten sind, wird man aus der ganzen Curvenreihe des Versuches No. XXX leicht abnehmen können.

Der Schlagverlauf bei Reizung mit Inductionsschlägen.

Wie schon angegeben, wurde in den primären Kreis dieselbe Kette von 15 Daniel und 6 Bunsen aufgenommen, die nachmals zu den schon mitgetheilten Reizungen mit constantem Strom benutzt wurde. Das Inductorium, von gewöhnlicher Grösse, wurde ohne Nebenschliessung eingeschaltet, die Eisenkerne waren in die primäre Spirale eingelegt, die secundäre aufgeschoben. Zwischen den aus Platinhaken bestehenden Electroden und den Enden der secundären Spirale war ein Stromwender aufgenommen. Die Platinhaken haben etwa 5 Millimeter Abstand.

Die unter solchen Umständen erhaltenen Ablenkungen geben ein sehr mannigfaltiges Bild des Schlagverlaufes. Die Latenzunterschiede sind zunächst bei beiden Stromesrichtungen bedeutend kleiner, in vielen Fällen steigen bei beiden Richtungen — wir wollen uns bei Angabe der Schlagrichtung immer auf den Oeffnungsschlag beziehen — die Ausschläge gleichmässig an, der Verlauf des absteigenden Curventheiles ist jedoch immer verschieden, häufig auch der des aufsteigenden. Gemeinsam jedoch ist beiden Stromesrichtungen, dass die durch sie erzeugten Schläge sich immer als Doppelschläge darstellen, und dass nicht selten ein dreimaliges Wachsen und Sinken der Ausschläge beobachtet wird.

Zumeist, aber nicht immer, ist der erste Gipfel höher als der zweite, und wenn letzterer der höhere ist, so sind die Unterschiede der Gipfelhöhen gewöhnlich kleiner, als im anderen Falle. Der zwischen ihnen liegende Einschnitt ist sehr tief und reicht nicht selten bis zur Abscisse, ohne jedoch dieselbe nach der andern Seite jemals zu überschreiten.

Die tiefste Senkung zwischen beiden Gipfeln findet sich jedesmal bei beiden Stromesrichtungen in derselben Schieberstellung, obwohl die Gipfel beider Curven an sehr verschiedenen Stellen liegen können. Fehlt einem der beiden Schläge das zweite Wachsthum, so ist die dem absteigenden Oeffnungsinductionsschlag zugehörige Entladung davon betroffen. Die Stelle, von welcher an die Reste der Entladung so zu sagen assymptotisch verschwinden, und die Richtung der Schlagcurve mehr oder weniger parallel zur Abscisse wird, deckt sich dann mit der, in welcher in der zugehörigen andern

Curve der Anstieg wieder beginnt. Beispiele geben die Curvenpaare No. 4, 5, 12, 14; die gleiche Lage des tiefsten Punktes zwischen erstem und zweitem Gipfel zeigen alle übrigen Curven. Ich führe einzeln an die Curven No. 6, 7, 10, 11, 13.

Wenn die Ausschlagsmaxima des ersten Anstiegs nicht an derselben Stelle liegen, so verspätet sich immer der Gipfel, welcher zum absteigend gerichteten Oeffnungsschlag gehört. Für den zweiten Gipfel braucht dies nicht der Fall zu sein, und wenn Unterschiede vorhanden sind, so ist allemal der zur zuletzt genannten Stromesrichtung gehörige Gipfel niedriger und kann zuweilen sogar ganz fehlen. Kommt es noch zu einem dritten Anstiege, so ist derselbe fast ausschliesslich beim aufsteigenden Strom vorhanden.

Die Dauer der beiden Theile einer jeden Entladung ist wenig von einander verschieden und weicht auch von den Dauern der mit constantem Strom erhaltenen Entladungen nur wenig ab, so dass man jeden Theil der Doppelcurve wohl als gesonderte Entladung betrachten könnte.

Setzt man die Electroden direct auf den Lobus electricus, so weichen die Entladungsformen in keiner Weise von den durch Nervenreizung erhaltenen ab. Ich halte es desshalb für fraglich, ob die Entladungen überhaupt durch Erregung der im Lobus liegenden Ganglienzellen erzeugt wurden, nicht vielmehr einfache Reizungen der aus jenen entspringenden Nervenfasern sind. Der Versuch, die Reize so abzuschwächen, dass Erregungen der abgehenden Nervenfasern aus dem Spiele blieben, misslang, weil dann das Organ auf die Reize des Rheotoms auch vom Lobus aus nicht reagirte. Verglich man die Latenzen zweier Entladungen, deren eine vom Lobus, deren andere durch Reizung der Nervenstämme unmittelbar nach dem Austritt aus dem Schädel erhalten wurde, so ergaben sich allerdings Unterschiede, welche, nach den Abständen annähernd paralleler Curvenstrecken bestimmt, bis zu 0,002 Secunden gehen würden. Für 10 mm Abstand der beiden Reizstellen sind dann die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten 5 m pro Secunde, Werthe, die auch sonst dem Torpedonerven bei gleichen Electrodenabständen zukommen könnten, wie sich später ergeben wird. Schlüsse lassen sich also

aus ihnen nicht ziehen. Ich theile desshalb besondere Versuchsprotokolle aus diesem Gebiete nicht mit.

Wie die rheotomische Analyse des Inductionsschlages lehrt, reicht der Oeffnungsschlag beträchtlich in das Gebiet des Rheotoms hinein, in welchem sich die erste der Partialentladungen abspielt. Er erfüllt das Gebiet der Latenz vollständig und hat in dem Augenblick, wo die Organentladung anhebt, noch Werthe von 1—1 1/2 Daniel, soweit sich dies aus der Vergleichung der Ausschläge an der Boussole ermitteln lässt. Die höchsten Werthe werden erreicht kurz nachdem das Rheotom die Nullstellung verlassen hat, und liegen zwischen 4 und 5 Daniel. Da die Zeit, innerhalb deren er von jenem Werth bis auf etwa ein Daniel heruntersinkt, rund 0,006 Secunden beträgt, so wäre bei seiner längeren Dauer keineswegs ausgeschlossen, dass er noch erregend wirkt, so dass die erste der beiden Organentladungen dem Schliessungsschlage, die zweite dem Oeffnungsschlage zuzuschreiben wäre. Der Schliessungsschlag selbst aber kann seinem Verlauf nach hier nur Wirkungen haben, welche mit dem eines einfachen Stromstosses verglichen werden können; denn er ist bei der Rheotomreizung jedenfalls nur unwesentlich länger als die Streifzeit des Reizcontactes.

Gotch[1]) hat in seinen Versuchen bei der Reizung mit dem gewöhnlichen Inductionsschlag ebenfalls vielgipflige Curven beobachtet und bezieht die Erscheinung darauf, dass der Strom eines Theiles der sich in Folge der Nervenreizung entladenden Säulen andere zu einem nochmaligen Schlage anregt. Er betrachtet die späteren Entladungen also als Analoga der secundären Zuckung. Ich finde, dass dann die intermittirende Entladung auch durch die kurzen Stösse des constanten Stromes hervorgerufen werden müsste, was sicher nicht geschieht, wenn die Electrodendistanz gross genug ist. Gotch reizt durch Oeffnung eines einfachen Contactes, und die Curve des Inductionsschlages ist dementsprechend die des gewöhnlichen Oeffnungsschlages. Bei ihm fehlt also der unmittelbare Wechsel beider Stromesrichtungen, der dem Inductionsschlage des Rheotomcontactes eigenthümlich ist, und bei welchem der eigent-

1) Philosophical transactions of the royal Society of London. Vol. 179, 1888, S. 352.

lich erregende Stromesantheil sehr wohl in dem mittleren Curventheil liegen könnte, der wegen der Volta'schen Alternativen zur Erregung besonders gut geeignet sein muss, sobald der Oeffnungsschlag absteigend gerichtet ist. Da diese bei Gotch nicht vorhanden ist, muss die Mehrgipfligkeit eine andere Ursache haben. Ich denke hierbei an zu kleine Electrodenspannweiten, die sich aus der Gewohnheit des Experimentirens an Fröschen hier fast von selbst ergeben. Andeutungen, dass sie die Ursache sind, finden sich in den Curven des Versuches XXX (No. 45—56) bereits ausgesprochen, und das Phänomen der Lücke wäre mit ihnen vielleicht eher in Zusammenhang zu bringen, als die secundäre Zuckung.

Ermüdungserscheinungen.

Wenn man, in Abständen von $\frac{1}{4}^0$ der Rheotomtheilung die Messungen wiederholend, das ganze etwa 6^0 betragende Schlaggebiet durchwandert, so kann man an ausdauernden Organstücken die ganze Messungsreihe etwa 8—10mal wiederholen, ehe das Organ soweit erschöpft ist, dass man messbare Werthe bei der eingangs dieser Arbeit angegebenen Boussolempfindlichkeit nicht mehr erhält. Mit einer nochmaligen Wiederholung der Messungsreihe ist das Organ dann so erschöpft, dass auch Aufschieben der Hydrorollen und anderweitige Steigerung der Boussolempfindlichkeit keine Spuren der Organthätigkeit mehr hervorlocken kann.

In der dabei erhaltenen Serie von Schlagcurven braucht eine Verlängerung der Schlagdauer nicht immer hervorzutreten, obwohl sie häufig eintritt; regelmässig ist dagegen zu beobachten eine Verschiebung des Zuckungsgipfels nach hinten. Für den Fall, dass die Curve noch einen zweiten Anstieg zeigte, sieht man ferner den zweiten Gipfel sehr viel schneller an Höhe abnehmen, als den ersten. Die letzten dem Zustand grösster Ermüdung entsprechenden Schlagcurven sind daher immer einfach

Durchwandert man das Schlaggebiet einmal von vorwärts und dann von rückwärts, so liegen bei den ersten 4—5 Curven die Curvengipfel nach der Seite verschoben, von welcher man in das Schlaggebiet eindrang. Wenn man also die Ablesungsreihe mit dem Schlaganfang begonnen hat, erreichen die mit ungeraden Ordnungs-

nummern versehenen Curven ihren Gipfel früher als die anderen. Bei den höheren Ermüdungsgraden ist der Unterschied zwischen den vor- und rückwärts begonnenen Curven nicht mehr zu sehen.

Es würde also anzunehmen sein, dass Anstieg und Abfall des Schlages im wesentlichen gleich steil sind. Nebenbei kann man folgern, dass die Angaben des Rheotoms soweit genau sind, dass man auch aus den feineren Eigenthümlichkeiten des Curvenzuges Schlüsse ziehen darf. Beispiele für das Verhalten der Ermüdung geben die Curvenschaaren No. 1 und 2, solche für das Verschwinden des zweiten Gipfels die zusammengehörigen Curven No. 14 und 15, ferner No. 17.

Benutzt man ein Organ erst 24—36 Stunden nach dem Tode des Thieres, so kann man von ihm zumeist noch 2—3 Curven erhalten, deren Ordinatenwerthe bei der ersten noch an die mittleren Werthe frischer Curven heranreichen und gelegentlich auch noch einen zweiten Gipfel zeigen. Die Entladung dauert jedoch länger als sonst. Wenn nur aussergewöhnlich kräftige Entladungen über 4°. der Rheotomtheilung (0,008 Sec.) hinausgehen, ist diese Zeit für die Organe des zweiten Tages unterer Grenzwerth.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung im elektrischen Nerven.

Aus dem, was oben über den Einfluss der intrapolaren Streckenlänge gesagt ist, wird sich entnehmen lassen, dass die Unterschiede der Schlaglatenz bei Reizung mit Stromstössen wechselnder Richtung nur mit Vorsicht zu verwerthen sind, um die Geschwindigkeit der Erregungsleitung aus ihnen zu ermitteln. Um sie aus der zeitlichen Verschiebung der Anhubsstellen zu bestimmen, wird man vor allem jene Curvenpaare weglassen müssen, deren zweite Curve mit dem anelectrotonischen Vorschlag behaftet ist. Relativ brauchbare Werthe würde man jedoch immer nur aus jenen Curven erhalten, bei denen die intrapolare Strecke lang war, und der Vorschlag an der zweiten Curve des Paares fehlt. Aber auch hier wird es besser sein, sich zur Messung der Abstände der parallel ansteigenden Theile beider Curven zu bedienen, auch wenn sie sonst nicht congruent sein sollten, da die Anhubsstellen doch fast immer noch irgend welche Verschiedenheiten zeigen. In der Tabelle I auf

Seite 488 sind enthalten die Latenzunterschiede und die daraus berechneten Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, nach beiden Arten berechnet, also, indem das einemal die Abstände der Anhubstellen der Curven, das anderemal die Parallelstände zweier Curvenstellen gemessen wurden. Die Stellen, an welchen dies geschah, sind in den dieser Arbeit beigegebenen Curven der Tafeln III bis VI durch eine zur Abscisse parallele Linie kenntlich gemacht. Die Reihenfolge der Zahlen ist die der Curven, um bequeme Vergleiche mit letzteren zu ermöglichen. In Tabelle II Seite 489 sind die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, nach beiden Methoden berechnet, nach den intrapolaren Strecken geordnet, und aus allen Werthen von unter 20 mm intrapolarer Strecke einerseits und darüber andererseits das Mittel gezogen. Die Zeitangaben beziehen sich auf $\frac{1}{10000}$ Sec., die Geschwindigkeit ist in Secundmetern angegeben.

In Tabelle II sind die Mittelwerthe streng genommen nicht vergleichbar, da weder die einzelnen Zahlen paarweise Werthe sind, noch in jeder intrapolaren Strecke die gleiche Zahl von Werthen vertreten sind. Das wichtigste jedoch ist auch ohnedies zu sehen, nämlich der Umstand, dass bei den aus Parallelabständen erhaltenen Werthen viel weniger aus der Reihe fallende Zahlen vorkommen, als bei der anderen Methode. Die erste Methode ergibt bei der kleineren Strecke Schwankungen von 1,54 bis 7,69 m pro Secunde, also Schwankungen um's fünffache, in der grösseren intrapolaren Strecke schwanken die Werthe nur um's doppelte, bei der Messung nach den Anhubstellen in den kurzen Strecken von 2,0 bis 25,0 m, also um's 12½fache, in den grossen Strecken von 8,33 bis 46,66 m, also um mehr als das fünffache. Innerhalb der grossen intrapolaren Strecken weisen also beide Methoden geringere Schwankungen auf, als innerhalb der kurzen. Letzteres weist unmittelbar darauf hin, dass für den Beginn des Schlages bei aufsteigendem Strom für den ersten Theil des Schlages andere Erregungsstellen im Nerven die Ursache gewesen sind, als für den Haupttheil der Entladung.

In beiden Gruppen aber bleibt der Unterschied zwischen den Werthen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit bei grosser und kleiner intrapolarer Strecke bestehen, und lässt man von den nach den Aushubsstellen bestimmten Zahlen die ganz aus der Reihe fallenden

Tabelle I.
Fortpflanzungsgeschwindigkeiten und Schlagdauern.

Versuchs-No.	Nerv	Curven-No.	Intrapolare Streckenlänge	Latenzunterschiede bestimmt nach den a Anhubstellen	Latenzunterschiede bestimmt nach den b Abständen paralleler Curvenstellen	Fortpflanzungsgeschwindigkeit bestimmt nach Methode a	Fortpflanzungsgeschwindigkeit bestimmt nach Methode b	Dauer d. Entladung	Als Anfang u. Ende der Entladung betrachtete Schieberstellungen
XXV		18	—	—	—	—	—	65	24½—27¾
		19		4	13	25,0	7,69	55	24,0—26¾
	3	20	10	4	16	25,0	6,25	60	24,0—27,0
		21		0?	16	—	6,25	55	24¼—27,0
		22	7	4	14	17,5	7,14	55	23½—26¼
	4	23	10	6	20	16,6	5,0	55	23½—26¼
		24	20	20	24	5,0	4,17	55	23¾—26½
		25	4	14	14	2,86	2,86	65	23½—26¾
XXVI		26	25	6	22	41,66	11,36	85	25¼—29½
	4	27	5	4	22	12,5	2,28	55	25¾—28½
		28	25	0?	30	∞	8,33	50	26,0—28½
		29	25	0	28	∞	8,93	55	26,0—28¾
	3	30	25	15	25	16,66	10,0	65	25,0—28¼
XXVII		31	28	6	22	46,66	12,72	70	26,0—29½
	4	32	5	0	19	∞	2,63	80	26,0—30,0
		33	25	0	24	∞	10,41	70	26,0—29½
	3	34	5	0	20	∞	5,0	—	—
		35	30	14	26	21,43	11,54	75	25½—29¼
	1 u. 2	36	4	15	15	2,66	2,66	75	25¾—29½
		37	4	10	26	4,0	1,54	85	25¾—30,0
XXVIII	4	38	35	26	31	13,46	11,29	50	25,0—27½
		39 40	30	20	28	15,00	10,71	55	24¾—27½
		41	5	0?	12	∞	4,15	—	—
	3	42	30	25	30	12,0	10,0	55	24¾—27½
		43	4	20	—	2,0	—	75	25,0—28¾
		44	30	36	34	8,83	8,53	80	25,0—29,0
XXX		45	50	40	46	12,50	10,87	80	26,0—30,0
		46	5	—	7	—	7,14	60	26,0—29,0
	4	47	20	26	—	7,69	—	40	26½—28½
		48	50	41	42	12,19	11,90	80	25½—29½
		49	50	40	38	12,50	13,16	60	26½—29½
		50	38	52	40	7,31	9,5	—	—
		51		15	—	3,33	—	—	—
		52	5	8	—	6,25	—	—	—
	3	53		—	11	—	4,55	70	25½—29,0
		54	35	41	40	8,54	8,75	70	26,0—29½
		55	5	22	—	2,27	—	—	—
		56	25	20	16	12,50	15,62	80	26½—30½
XXVI	1 u. 2	—	—	—	—	—	—	50	24¾—27¼

Tabelle II.

Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Nervenerregung, nach der Länge der intrapolaren Strecke geordnet und bestimmt.

a Nach den Abständen paralleler Curvenstrecken			b Nach den Anhubstellen der Curven		
Intrapolare Strecke in mm	Curve No.	Fortpflanzungs-geschwindigkeit	Intrapolare Strecke in mm	Curve No.	Fortpflanzungs-geschwindigkeit
4	25	2,86	4	25	2,86
	36	2,66		36	2,66
	37	1,54		37	4,0
				43	2,0
5	27	2,28	5	27	12,50
	32	2,63		51	3,33
	34	5,0		52	6,25
	41	4,15		55	2,27
	46	7,14			
7	22	7,14	7	22	17,50
10	19	7,69	10	19	25,0
	20	6,25		20	25,0
	21	6,25			
	23	5,0		28	16,0
20	24	4,17	20	24	5,0
Mittel		5,34	Mittel		9,51 Sec.-Meter
25	26	11,36	25	26	41,66
	28	8,33			
	29	8,93			
	30	10,0		30	16,66
	33	10,41			
	56	15,62		56	12,50
28	31	12,72	28	31	46,66
30	35	11,54	30	35	21,43
	39 40	} 10,71		39 40	} 15,0
	42	10,0		42	12,0
	44	8,53		44	8,33
35	38	11,29	35	38	13,46
	54	8,75		54	8,54
38	50	9,50	38	50	7,31
50	45	10,87		45	12,50
	48	11,90		48	12,19
	49	13,16		49	12,50
Mittel		11,56	Mittel		15,77 Sec.-Meter

Werthe von 25 m für die enge und 41 und 46 m für die zweite Strecke weg, so werden die Mittelzahlen einander bedeutend ähnlicher.

Die Mittelwerthe für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit betragen, berechnet

	nach Parallel-abständen	nach Anhubstellen mit Benutzung		
		aller Werthe	ohne die aus der Reihe fallenden Werthe	
In intrapolaren Strecken unter 25 m	5,34	9,15	5,83	Meter pro Secunde.
In intrapolaren Strecken über 25 mm	11,56	15,77	11,3	

Hieraus folgt nun ohne Weiteres, dass bei kurzen Strecken noch verzögernde Kräfte auftreten, welche bei den langen ausfallen oder kleiner sind. Daran, dass die verschiedene Grösse der Erregung Schuld am Unterschiede sei, weil etwa die schwächere Erregung sich auch langsamer fortpflanzt, ist deswegen nicht zu denken, weil sowohl in den kurzen, als in den langen Strecken Fälle vertreten sind, in denen die zweite Curve die kleinere ist, und ausserdem in der weit überwiegenden Mehrzahl der Curvenpaare Unterschiede von Belang zwischen den beiden Curven nicht auftreten.

Man wird also nicht umhin können, anzunehmen, dass bei kleinen intrapolaren Strecken die verzögernde Kraft des Anelectrotonus trotz der in diesen Versuchen so kurzen Schliessungsdauer des Stromes genügend entwickelt ist, um die Leitung der Erregung zu verzögern.

Ob dies auch bei langer intrapolarer Strecke noch der Fall ist, lässt sich nicht a priori verneinen. Es ist ebensogut denkbar, dass sie überhaupt nicht vorhanden war, wie dass sie auch dort auf der anelectrotonischen Strecke vorhanden gewesen ist, aber in der Zeit, welche die vom oberen Pol herabeilende Erregungswelle bis zum Eintritt in's anelectrotonische Gebiet verbraucht, bereits auch ganz oder nur theilweise wieder verschwunden ist. Letzteres wird wohl das richtigere sein, denn auch aus der Schlagdauer ergeben sich Anhaltspunkte dafür, dass im Organ selbst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit grösser ist, als die hier angegebenen. Man vergleiche dazu das S. 494 gesagte.

Gotch[1]) und Jolyet[2]) geben für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit niedrigere Werthe an, nämlich 7,3 m pro Secunde. Arbeiten bei wärmerer Temperatur kann die Ursache für die grösseren Werthe meiner Arbeit nicht sein, denn die Werthe für 50 mm intrapolare Strecke, welche zwischen 11 und 13 m liegen, sind im Januar im ungeheizten Zimmer ermittelt worden, wo auch in Neapel die Temperatur niedrig genug ist.

Die Dauer des Einzelschlages.

Die bisher mitgetheilten Daten über den zeitlichen Verlauf des Schlages lassen ohne Weiteres ersehen, dass man keinerlei Curven mit doppeltem Gipfel oder Vorschlag zur Ermittelung der Dauer der Einzelentladung wird verwenden dürfen. Man hat sich also in erster Linie an die Entladungen zu halten, welche durch den absteigenden Stromstoss erhalten wurden, und würde ausserdem gut thun, Curven mit geringen Intensitätswerthen wegzulassen, wenn sie auffallend kurze Schlagzeiten aufweisen und mit kurzen intrapolaren Strecken gewonnen wurden. Andererseits würde man die mit aufsteigenden Stromstössen und langer intrapolarer Strecke erhaltenen Curven ebenfalls in Rechnung ziehen dürfen, wenn sie anders von Unregelmässigkeiten frei sind.

In der Tabelle I auf Seite 488 sind ausschliesslich die mit absteigenden Stromstössen erhaltenen Curven angeführt, und die dort angegebenen Zahlenwerthe entsprechen nicht den ganzen Curvenlängen. Das assymptotisch verlaufende Ende darf man ohne Weiteres von der Länge der ganzen Schlagcurve abziehen, ob man am Anfang etwas kürzen darf, ist fraglicher. Sicher würden die ersten Spuren des Schlages zu berücksichtigen sein, wenn man die Schlagkurve etwa einer ganzen Säule bei deren Totalreizung vor sich hätte. In unserem Falle aber kann es bei den ersten schwachen Spuren des Schlages sich wohl nur um die wenigen Platten handeln, die zuerst

1) Philosophical Transactions of the Royal Society of London Bd. 178, 1888, S. 510.

2) Von Gotch an der genannten Stelle citirt aus den mir unzugänglichen Ann. sec. nat. de Bordeaux et de Sud Ouest sec. serie No. 2 und Mem. Soc. Sci. de Bordeaux vol. 5, 1883.

von der Innervation getroffen wurden, und deren Entladung deswegen nicht mitgerechnet werden darf, wenn man die Zeit ermitteln will, in welcher sich die Hauptmasse der Platten entladet. Ich habe deshalb in einigen Fällen auch den Anfang des Schlages nicht dahin gesetzt, wo die ersten Spuren der Entladung auftreten, sondern später. Um dem Leser die Uebersicht über die vorgenommenen Kürzungen zu geben, sind in der Tabelle die Stellungen des Reizcontactes beigesetzt, welche als Anfang und Ende des Schlages betrachtet wurden.

Aus der Tabelle auf Seite 488 ersieht man zunächst, dass Werthe unter 0,005 Secunden und diese selbst selten sind, ebenso Werthe über 0,0085 Secunden. Verbraucht sind in diesen Versuchen allerdings nur 5 Thiere. Die Reizungen vertheilen sich jedoch auf 13 einzelne Nerven, die wegen der wechselnden Dicke mehr oder weniger als Individuen angesehen werden können. Soweit die Schlagdauer von der Beschaffenheit der Platten selbst abhängt, bedarf es zur Gewinnung der Grenz- und Mittelwerthe allerdings noch weiterer Messungen an verschiedenen Individuen.

Nach Gotch[1]) ist die Dauer des Schlages für kräftige Thiere rund 0,04 bis 0,05 Secunden bei Reizung mit Oeffnungsinductionsschlägen bei Zimmertemperatur, bei höherer Temperatur sind die Schläge schwächer und kürzer, ebenso bei niedriger. Die sub No. 1 und 2 von mir mitgetheilten Curven stammen von zwar kleinen aber kräftigen Thieren, und die Intensitäten des Schlages waren so gross, wie bei den grössten zur Beobachtung kommenden Thieren. Ihre Dauer beträgt nur 0,008 Secunden oder weniger. Wenn bei Reizungen mit dem Inductionsschlag keine zweiten und dritten Gipfel auftreten, bleiben, wie mir eine grössere Zahl hier nicht mit veröffentlichter Curven zeigen, die Schlagdauern unterhalb dieser Zahl, und aus dem Curvenverlauf der mehrgipfligen Curven lässt sich schliessen, dass die den ersten Gipfel erzeugende Entladung auch keine grössere Dauer hat. In einer späteren Mittheilung theilt Gotch viergipflige Curven mit, welche 0,04 und 0,05 Secunden dauern und mit kürzeren Ableitungszeiten von 0,0025 Secunden erhalten wurden, während für die oben citirte Curve die Boussolzeit

1) Citirt auf S. 491. Man vergleiche die Curven auf S. 518.

0,01 Secunden war. Es ist letztere also ebenfalls eine mehrgipflige Curve, deren Gipfel deswegen nicht erkannt wurden, weil die Ableitungszeit zu gross war.

In der zweiten Mittheilung über den Torpedoschlag hat Gotch[1]) auch den Schlagverlauf bei directer Totalreizung einiger Säulen bestimmt. Er hat Werthe für die Dauer nicht angegeben. Der durch directe Totalreizung erhaltene Schlag zeigt bei mittlerer Temperatur ebenfalls einen zweiten Gipfel, der aber sehr viel niedriger ist als der Hauptgipfel. In den beiden von ihm mitgetheilten Fällen sinkt der Strom zwischen erstem und zweitem Gipfel nicht bis auf Null. Nach dem Curvenverlaufe beurtheilt, würde man die Dauer des eigentlichen Schlages auf 0,011 Secunden zu schätzen haben, wovon noch 0,0025 Secunden für die Boussolzeit abzuziehen wären.

Bei einer Curve wie No. 48 in dieser Arbeit ist eine Willkür in der Schätzung der Schlagdauer kaum möglich. Sie beträgt hier genau 0,008 Secunden. Bei Curve 45 würde, wenn man auch den letzten Rest des Schlages mit einrechnet, höchstens 0,011 Secunden herauskommen, und die bei Nervenreizung erhaltenen Werthe der Schlagdauer sind demnach identisch mit den von Gotch bei directer Reizung erhaltenen Zahlen, und sogar eher noch kleiner als diese. Letztere aber geben, wegen der Totalreizung, die Dauer des Schlages einer Platte selbst. Letzteres halte ich für höchst bemerkenswerth, denn falls die experimentell gewonnenen Zahlen für die Leitungsgeschwindigkeit der Nerven richtig sind, müsste die Schlagdauer bei Reizung der Organnerven noch um annähernd die Zeit grösser sein, welche die Erregung zur Durchwanderung der im Organ gelegenen nervösen Bahnen verbraucht.

Bei dem Organ eines so grossen Fisches, wie das in Versuch XXX verwendete Thier, welches an der Eintrittsstelle des dritten Nerven circa 60 mm Breite besass, hätte man, nach der für Curve 45 und 48 gültigen Fortpflanzungsgeschwindigkeit, zu erwarten, dass die Dauer des Organschlages bei Nervenreizung 0,004 Secunden über die des Plattenschlages hinausreiche. In Curve 45 würden nach Abzug dieser Zeit bestenfalls 0,007 und in Curve 48 0,004 Secunden für den Plattenschlag herauskommen. Legt man aber das Ende des

1) Ebenda Bd. 179 S. 357 und Tafel 52.

Schlages in Curve 45 zwischen die Schieberstellungen 29½ und 30, wie es dem Curvenzug in Wirklichkeit entspricht, so kommt man auch bei dieser Curve auf den kleinen Werth von 0,004 Secunden. Wenn man die Fortpflanzungszeit der Erregung im Organ abzieht, kommt man für den Plattenschlag somit zu Werthen, welche sehr viel kleiner sind, als die bei directer Reizung der Säulen erhaltenen. Dazu kommt noch, dass in dem sehr kleinen Organ des Versuchs XVIII, Curve 3, welches etwa 18 mm grösste Breite besass, die Schlagdauer nicht kleiner ist, als bei dem dreimal so breiten Organ des Thieres der Curve 45.

Es deutet also alles dieses darauf hin, dass man einen Fehler begehen würde, wenn man bei der Berechnung der Plattenschlagdauer die von der Erregungsleitung im Organ verbrauchte Zeit mit den Werthen in Ansatz bringen wollte, welche für die Erregungsleitung an den ins Organ eintretenden Nervenstämmen ermittelt wurden. Sie muss vielmehr so gross sein, dass sie nicht erheblich in's Gewicht fällt, oder es müssen Einrichtungen vorhanden sein, welche es ermöglichen, dass der Plattenschlag überall gleichzeitig beginnt. Hierfür die von Ewald angegebene ungleiche Länge der Fasern der Wagner'schen Nervenbüschel heranzuziehen, ist unthunlich; zudem werden auch die Längenunterschiede von Fritsch bestritten. Ebenso kann man nicht daran denken, den Umstand herbeizuziehen, dass nach Gotch der Schlag eines Säulenbündels stark genug ist, um andere Säulenbündel zu erregen, wenn er dieselben direct durchfliesst[1]), da der Schlag der secundär gereizten Säulenbündel erst beginnt, wenn der Schlag des primären Bündels fast vorüber ist, und die Dauer der Gesammtentladung dadurch nur verlängert anstatt verkürzt werden könnte. Für die Einreihung des Plattenschlages unter die übrigen electrischen Erscheinungen werden sich deswegen aus der Dauer des indirect erzeugten Organschlages vorläufig nur unsichere

1) a. a. O. Bd. 179 S. 351. G. legt mehrere Säulenbündel der Länge nach hintereinander und leitet von den freien Flächen des ersten und letzten ab, während das erste vom Nerven aus gereizt wird. Wenn der (bei alleiniger Ableitung vom ersten beobachtete) Schlag des ersten zu Ende ist, folgt eine Zunahme des Ausschlags, welche dem Schlag der übrigen Bündel angehört.

Schlüsse ziehen lassen, da man im Unklaren bleibt über die Grösse des Abzuges, den jener erleiden muss, um die Dauer des Plattenschlags zu erhalten. Da die Dauer des letzteren genau genommen, auch nur mit der Dauer der Actionsströme in den übrigen Geweben von Torpedo verglichen werden kann, fällt der Umstand vorläufig nicht allzusehr in's Gewicht. Stellt man sich den Verlauf des Actionsstromes im Nerven nach dem von Hermann[1]) mitgetheilten Beispiel graphisch dar, so würde man den wesentlichen Theil der Schwankung mit der Schieberstellung 4 abschliessen können. Hieraus folgte eine Dauer der Schwankung von 0,003 Secunden. Hermann selbst berechnet sie aus seinen Versuchen zu 0,0053 Secunden. Zum Vergleich der Dauer der Schwankung und des Schlages die Zeit in Rechnung zu ziehen, während welcher überhaupt ein Ausschlag erfolgt, halte ich jedoch nicht für richtig. Man braucht nur für das angeführte Beispiel und eine beliebige Curve des Schlages, z. B. No. 54, die grössten Ordinaten gleich zu machen und beide Curven zu vergleichen, um zu sehen, dass der Rest der Actionstromcurve nicht mehr unter den Vergleich fällt. Die noch grösseren Zahlen (0,02396 Secunden) Head's[2]) zum Vergleich mit heranzuziehen, ist deswegen nicht gestattet, weil sie sich zweifellos nur darauf beziehen, dass die Schwankungsreste durch seine Methode noch besser zur Beobachtung gelangten. Die letzthin von F. Verwej[3]) mitgetheilten Werthe für die Dauer der ganzen Schwankung liegen übrigens ebenfalls nur zwischen 0,002 und 0,004 Secunden.

Nach alledem weicht die Dauer des durch einmalige, maximale Reizung erhaltenen Organschlages von den gegenwärtig vergleichbaren Werthen für die Dauer des nervösen Actionsstromes so weit ab, dass der Schlag mit dem Actionsstrom der Nerven nicht identificirt werden kann. Es müssen mindestens weitere Untersuchungen abgewartet werden, welche diesen Werth am Nerven der Torpedo selbst feststellen. Letzterer wird übrigens für den

1) Pflüger's Archiv Bd. 24 S. 256 Versuch A.
2) Pflüger's Archiv Bd. 40 S. 237 u. 249.
3) Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1893 S. 520.

Muskel ebenfalls nöthig sein, und hier wäre eigentlich sogar noch zu verlangen, dass die Dauer der negativen Schwankung in den dem Torpedo nächst verwandten Thierklassen an den Muskeln festgestellt werde, aus welchen sich das Organ entwickelt. Bessere Anhaltspunkte für die Einreihung des Schlags unter die Muskelphänomene ergeben sich übrigens aus dem Nachfolgenden.

Die electromotorische Kraft des Schlages.

Zur Messung der electromotorischen Kraft kann man sich entweder einer Intensitätsmessung bedienen, indem man die durch den Organschlag erzeugten Ablenkungen mit denen einer Anzahl Daniels vergleicht, welche, unter Hinzufügung eines dem Organwiderstande annähernd gleichen Widerstandes, an Stelle des Organs in den Kreis des Instrumentes aufgenommen werden, oder man muss compensiren. Die nach der ersten Methode erhaltenen Zahlen sind Zahlen derselben Ordnung, wie die nach der gleich zu beschreibenden Compensationsmethode erhaltenen, und man kann annähernd die Schlagkraft auch aus den in Versuchen XIV bis XXX enthaltenen Ablenkungszahlen entnehmen, wenn man dieselben durch 25 dividirt, da dann, wie auf Seite 466 bereits erwähnt ist, ein Daniel im Kreise des rotirenden Rheotoms rund 25 Skalentheile Ausschlag gab, und die Ableitungsdauer am Rheotomschlüssel sich ohne Neueinstellung nicht ändert.

Um zu direct gemessenen Werthen durch Gegenschaltung einer grösseren Zahl von Daniels zu gelangen, kann man die Nebenschlussmethode zur Boussolableitung nicht benutzen, da, abgesehen von sonstigen Umständlichkeiten, es nicht zu vermeiden wäre, dass der Compensationsstrom das Organ theilweise auch ausser der Zeit der Boussolableitung durchfliesst und während dieser Zeit unbeurtheilbare Einwirkungen auf den Schlag und das Organ äussert. Man muss also zur directen periodischen Ableitung des Schlags zurückgreifen.

Die Ableitungsvorrichtung besteht im Wesentlichen aus zwei unter einander liegenden in horizontaler Ebene tangential zum Rheotomrad verlaufenden, von einander isolirten Federn, welche auf einem Ebonitklotze befestigt sind und mit diesem mikrometrisch in senkrechter Richtung verschoben werden können. Jede von ihnen ist mit ihrer Spitze gegen ein verstellbares Widerlager

angedrückt, und die obere, trägt an ihrem freien Ende einen Buckel, über welchen der Boussolstift des Rheotomrades bei jeder Umdrehung wegstreift. Ein kurzes Platinstiftchen an der oberen, ein Platinplättchen auf der unteren Feder sichert den metallischen Contact, wenn die obere Feder bei jeder Rotation gegen die untere angedrückt, und so der Boussolkreis geschlossen wird. Die Federn werden durch die Widerlager ziemlich weit aus ihrer Gleichgewichtslage weggeführt und legen sich ohne Nachschwingungen denselben wieder an, wenn der Boussolstift sie verlassen hat. Da die untere weiter durch das Widerlager abgebogen ist als die obere und ausserdem kürzer ist, so schwingt sie schneller, und es bleiben beide Federn miteinander in Contact, bis die untere sich wieder an ihre Widerlager anlegt. Die Dauer der Berührung kann innerhalb bestimmter Grenzen beliebig geändert werden durch höhere oder tiefere Einstellung der Contactvorrichtung im Ganzen und ausserdem noch durch Aenderung des gegenseitigen Abstandes beider Federn. Die Ableitungszeit umfasst bei diesem Apparat etwa $^1/_{600}$ bis $^1/_{200}$ des Rheotomumfanges und war der bisher benutzten Ableitungszeit annähernd gleich gemacht dadurch, dass die Einstellung so lange verändert wurde, bis der durch das Instrument geschickte Strom eines Daniels dieselbe Ablenkung ergab, wie bei der Nebenschlussmethode.

Die zur Compensation benutzten 24 Daniel'schen Elemente sind an einem Stromwender aufgereiht, welcher sie der Reihe nach als Kette von 1 bis 24 Elementen in den Rheotomkreis einzuschalten gestattet. Der positive Pol ist mit der Rückenfläche des Organs verbunden, die den negativen Pol bildende Axe des Stromwenders mit der einen Klemme eines Dubois'schen Schlüssels a, von welcher die Leitung zur Boussole und dann durch's Rheotom zur Bauchfläche des Organes führt. Zu der anderen Klemme des Du Bois'schen Schlüssels führt jedoch noch ein zweiter Draht vom positiven Pole der Compensationskette. Ist der Schlüssel a geschlossen, so gleicht sich der Compensationsstrom im eigenen Kreise ab, ist er geöffnet, so geht er durch Organ und Boussole in der dem Organschlag entgegengesetzten Richtung.

Der die Einschaltung der Elemente bewirkende Riegel wird

nun zunächst auf Null gestellt, so dass der Kettenkreis ganz offen bleibt. Danach wird der Schlüssel a des Compensationskreises geschlossen, die gerade zur Beobachtung stehende Phase des Organschlags abgelesen, und der Ausschlag notirt. Sodann wird die nach dem Ausschlag zu erwartende Elementenzahl auf dem Stromwender eingestellt — ihre Zahl ergibt sich, indem die Zahl der Skalentheile des Ausschlags durch 25[1]) getheilt wird — und danach der Schlüssel a des Compensationskreises wieder geöffnet. Zugleich wird in diesem Moment der Reizkreis geschlossen. Zur Reizung wurde der constante Strom, wie auf Seite 470 angegeben, benutzt.

Ist nun die Compensation getroffen, so geht die Skala nur um wenige Theilstriche aus ihrer Ruhelage, entweder im Sinne des Organschlages, wenn der Compensationsstrom zu schwach war, oder im entgegengesetzten Sinne. Bleibt der noch restirende Ausschlag unter 25 Skalentheilen, so wird ein weiteres Element nicht mehr in den Kreis aufgenommen resp. ausgeschaltet; ist er grösser, so wird die dem Ausschlag entsprechende Elementenzahl der Compensationskette zugefügt oder weggenommen, bis die Compensation getroffen ist.

Häufig genug ist nun in der That die Compensation so getroffen, dass nur ein Ausschlag von 10 bis 15 Skalentheilen, den Bruchtheilen eines halben Daniels entsprechend, in dem einen oder andern Sinne übrig bleibt. Gar nicht selten aber sind die verbleibenden Ausschläge — gleichviel in welchem Sinne — sehr viel grösser, als es dem ersten Ueberschlage nach zu erwarten war. Dass der wirkliche Werth der electromotorischen Kraft hinter den nach der Ausschlagsgrösse berechneten Zahlen zurückbleibt, wäre zunächst nicht zu verwundern, da die Erscheinung an sich durch Ermüdung sowohl in dem Sinne zu erklären wäre, dass die electromotorische Kraft in der Zeit vom ersten — der Ausschlagsmessung — zum zweiten Versuchsact — der Compensation — abgenommen, als auch dahin gedeutet werden könnte, dass wegen der Verlängerung der Schlagcurve und der damit verbundenen Gipfelverschiebung schwächere Theile des Schlages zur Compensation benutzt werden.

Aber es kommt auch das Gegentheil vor. Die Zahl der zur Compensation eingeschalteten Elemente ist auch kleiner, als der

1) Vergl. S. 496.

Rechnung entpricht, und wenn man die Skala bei eingeschalteter Compensation längere Zeit beobachtet, sieht man sie bald nach der, bald nach der Seite wandern, wenn man zufällig gleich Anfangs die richtige Elementenzahl getroffen hatte. Der uncompensirte Rest des Ausschlags, sit venia verbo, ging bei solchen Wanderungen nicht über Werthe von 4 bis 5 Daniel hinaus.

Aus Schwankungen in der electromotorischen Kraft der Maasskette war die Erscheinung nicht zu erklären; denn die Kette allein, statt des Organes in den Kreis aufgenommen, wies bei kleineren Elementenzahlen, 10—15 Elemente, nichts dergleichen auf, auch erreichten die Schwankungen des Ausschlags, welche eintraten, wenn alle 25 Elemente in den Kreis aufgenommen wurden, keine zur Erklärung hinreichende Grösse. Es müssen also Vorgänge physiologischer Natur sein, welche die Schwankungen der electromotorischen Kraft während der Compensation verursachen. Ein späteres Studium derselben hätte wohl in erster Instanz sein Augenmerk auf Aenderungen der Erregung zu richten; sei es, dass Aenderungen der Erregbarkeit durch die compensatorische Durchströmung eingeführt werden, sei es, dass der compensirende Strom selbst eine neue Erregungsquelle ist.

Der Umstand, dass die vermuthete electromotorische Kraft bei der Compensation selbst hinter der wirklich gemessenen gelegentlich zurückbleibt, ist auf einen Vorgang zurückzuführen, der nach der Compensation noch fortdauert: die Ausschläge, welche man, ohne an der Stellung des Reizschiebers etwas zu ändern, unmittelbar nach der Abstellung des Compensationsstromes erhält, sind niedriger, als vorher, und wachsen allmählich wieder. Längstens eine Minute nach Ende der Compensationsmessung haben sie den ursprünglichen Werth wieder erreicht.

Wie aus den Versuchsprotokollen ersichtlich, sind in einzelnen Fällen 24 Daniel'sche Elemente nicht genug, um den Schlag in seiner stärksten Phase zu compensiren. Der grösste uncompensirte Rest, der noch übrig blieb, ist in Versuch XXXII beobachtet und betrug 150 Skalentheile. Wenn man in diesem Versuch die Zahl der bei einer beliebigen Rheotomeinstellung als Ausschlag erhaltenen Skalentheile durch die Zahl der Elemente dividirt, welche zur Com-

pensation in dieser Rheotomeinstellung nöthig waren, so erhält man pro Daniel electromotorische Kraft zwischen 21 und 22 Skalentheile Ausschlag. Man hätte hier also noch mindestens sechs, richtiger sieben Daniels zur Compensationskette hinzufügen müssen, um die Compensation zu treffen, und die wirkliche und bis jetzt überhaupt beobachtete höchste electromotorische Kraft des Schlages betrüge zwischen 30 und 31 Daniels.

Wenn diese Werthe selbst um 10 % zu hoch sein sollten, weil die electromotorische Kraft des benutzten Daniels unter der des Normaldaniels liegen könnte, so würde dies nichts ausmachen. Ich habe desshalb für die Herrichtung der Compensationskette keine besondere Mühe aufgewendet. Die Elemente bestanden aus Kupfercylindern von 6 cm Durchmesser und 10 cm Höhe, die Zinke waren aus gezogenen Zinkstäben von 12 cm Dicke zugeschnitten. Für das Ansetzen wurde keine andere Vorsicht beobachtet, als dass die Kupfersulfatlösung eine genügende Portion Kupfervitriol in kleinen Stücken enthielt, welches den Raum zwischen Kupfer und Batterieglas ganz ausfüllte, dass zweitens die 7,5% Schwefelsäure zuerst in die Thonzelle gegossen und dann ins Element gesetzt wurde, worauf der jedesmal frisch amalgamirte Zinkstab hineingestellt wurde. Das Niveau der Schwefelsäure war höher als das des Kupfersulfates. Verunreinigung der Säure mit letzterem wurde sorgfältig vermieden. Die Thonzellen wurden in einem Gemisch von 7,5 % Schwefelsäure und 4 % Salpetersäure aufbewahrt, das die Metallniederschläge wieder auflöst, welche sich auf dem Zellboden gelegentlich bilden, wenn zu viel Quecksilber am Zink sitzt. Vergleichungen der Kraft dieser Kette mit irgend einem der bekannten Normalelemente hätten vor der Hand keinen Sinn.

Wenn sich Jemand darauf capriciren wollte, die electromotorische Kraft des Schlages aus den Actionsströmen der Nerven oder der Nervenendplatte abzuleiten, so würde man aus Messungen der electromotorischen Kraft des Schlages ein zwingendes Argument gegen seine Behauptung nie beibringen können, da die electromotorische Kraft des Actionsstromes beim Nerven nach den übereinstimmenden Angaben Bernstein's und Hermann's über die des Ruhestroms bei künstlicher Reizung hinausgehen kann, und ein

oberer Grenzwerth noch nicht angegeben wurde. Ob die Actionsströme normaler Weise den Ruhestrom an Kraft übertreffen, ist freilich eine andere Frage, die mit der zusammenhängt, ob die Stromesquelle bei Muskel und Nerv nicht schliesslich doch in derselben Substanz zu suchen ist. Da die Dauer der nervösen Actionsströme neuerdings zugenommen hat und unter normalen Verhältnissen bis auf 0,004 Secunden gewachsen ist, wäre sie kaum noch von der des Actionsstromes im Muskelelement zu unterscheiden. Für das Organ aber ist die sogleich zu erwähnende electromotorische Kraft der Platte in einer Uebereinstimmung mit der Kraft des Muskelstromes, welche wohl nicht bloss Zufall ist.

Nach Fritsch[1]) ist die Plattenzahl in allen Säulen des Organes dieselbe und beträgt bei Torpedo ocellata 370, bei T. marmorata 380 Platten pro Säule. Dies ergibt pro Platte $\frac{30 \text{ bis } 31}{370\text{—}380}$ Daniel, oder 0,081 bis 0,084 Daniel. Die Werthe für die electromotorische Kraft der Kaltblüternerven bleiben, wie bekannt, unter 0,025 Daniel. Zum Vergleich wäre allerdings, streng genommen, nur der electrische Nerv selbst heranzuziehen, für welchen Du Bois-Reymond[2]) als Maximum 0,01123 angibt. Ich habe diesen Werth, wegen anderweitiger Inanspruchnahme des electro-physiologischen Inventars unseres Institutes, nicht selbst revidiren können; Herr Dr. Fuchs, der gerade mit electrophysiologischen Untersuchungen an Eledone beschäftigt war, hatte jedoch die Freundlichkeit, die electromotorische Kraft des electrischen Nerven selbst nachzusehen, und gab Werthe unter 0,03 Daniel als oberste Grenze an.

Diese Zahlen sind also jedenfalls anderer Ordnung, als die electromotorische Kraft des Schlages einer einzelnen Platte selbst. Sie bleiben um nahezu das dreifache ihres eigenen Werthes hinter demjenigen zurück, den sie eigentlich haben sollten, um mit dem Plattenschlag vergleichbar zu sein. Ich halte es deshalb zunächst für gerechtfertigt, das Substrat, an welchem sich der Schlag des electrischen Organes von Torpedo

1) G. Fritsch, Die elektrischen Fische. Leipzig, Veit & Comp., 1890 2. Abth. S. 102.

2) Archiv f. Anat. u. Physiol., Physiol. Abth., 1885, S. 135.

ocellata und marmorata vollzieht, ausschliesslich mit dem Substrat zu identificiren, an welchem sich im Muskel die negative Schwankung vollzieht. Die Zahlen für die electromotorische Kraft des Plattenschlages und die maximale negative Schwankung des Muskels sind nicht bloss von derselben Ordnung, sondern identisch.

Wenn man, unter Hinweis darauf, dass die Kraft des nervösen Actionsstromes stärker sein kann, als die des Demarcationsstromes, doch dem Schlag eine im Nerven enthaltene Substanz als Schlagbildner zuweisen wollte, würde höchstens daraus folgern, dass die electromotorischen Kräfte des Nerven und des Muskels in der gleichen Substanz ihren Sitz haben.

Die der electrischen Platte nunmehr zuzuschreibenden Werthe für die electromotorische Kraft sind, wie ich meine, jeder Vorstellung ungünstig, welche die electromotorischen Kräfte des Muskels auf solchen von regelmässig angeordneten und gleichmässig durch den Inhalt des Sarcolemmaschlauches vertheilten Molekeln beruhen lässt, mögen dieselben nun gebaut sein, wie sie wollen.

Zur Erklärung des Plattenschlages werden bekanntlich von Du Bois-Reymond Molekeln ähnlicher Art angenommen, wie diejenigen, welche nach jenem Autor Sitz und Quelle der electrischen Erscheinungen an Nerv und Muskel sind. Fritsch identificirt sogar — wenn auch nur in Form eines gelegentlichen Aperçus[1]), die in bestimmten Schichten des Organs, nämlich der Molecularschicht, enthaltenen morphologischen Elemente mit den electrischen Molekeln. Man muss gestehen, dass eine solche Identificirung, auch wenn sie so verklausulirt ist, wie bei Fritsch, zu jeder Zeit etwas Bedenkliches hat, und dies um so mehr, als die Hypothesen, denen sie eventuell als Stütze dienen soll, sich doch nur sehr geringer Anerkennung erfreuen. Ihrer Ausdehnung auf das electrische Organ stehen ausserdem triftige entwickelungsgeschichtliche Bedenken gegenüber, die nicht verschwiegen werden sollen.

Wir halten vor allem fest, dass es einen Zustand des Organes gibt, in welchem es so stromlos ist, dass an eine regelmässige Anordnung electrischer Molekeln auch in dem Sinne nicht zu denken

1) a. a. O. S. 115.

ist, dass man noch an Reste des Schlages denken könnte. Man braucht bloss daran zu erinnern, dass auch schwache, verkehrt gerichtete Ruheströme vorkommen.

Es muss also eine solche Lagerung electrischer Moleküle existiren können, in den sich ihre Ströme gegenseitig aufheben. Es liegt hier immer noch am nächsten, an peripolare Anordnung mit parelectronomischer Endschicht zu denken. Eine zweite Möglichkeit wäre dipolare Anordnung in solcher Richtung, dass die resultirenden Ströme dem Organstrom entgegengesetzt gerichtet sind und wegen der irreciproken Leitung nach Aussen nicht zur Wirkung kommen können. Wir wollen dem Vertreter der Molecularhypothese dieses Aushülfsmittel für den Augenblick einmal unter den Fuss geben, da er an der irreciproken Leitung festhält, welche Gotch[1]) aus triftigen Gründen bekanntlich abstreitet. Wir sehen auch von den Kräften ab, durch welche jene Molecüle in die Schlagrichtung gedreht werden, obwohl diese der Natur der Dinge nach auch electrische sein müssten, von denen man dann nicht wüsste, wo sie herkommen. Ich nenne Folgendes jedoch einen entwickelungsgeschichtlichen Widerspruch: Sind die Moleküle — und entwickelungsgeschichtlich müsste es so sein, wenn die Molecularhypothese richtig wäre, — ursprünglich peripolar electrisch, so muss im Organ ihre eine Hälfte verloren gegangen oder festgewachsen sein. Eine solche Degeneration der functionirenden Elemente zum Zwecke einer Steigerung der ihnen eigenthümlichen Function finde ich einfach unverständlich. Man wird aber von ihr so lange nicht loskommen können, so lange man die Hypothese der präformirten electrischen Molekeln festhält.

Triftige Gründe gegen die Molekeln findet man aber ausserdem in dem Umstande, dass die Schlagkraft der Platte und die Kraft des Muskelstromes so genau übereinstimmen. Die Molecularhypothese behauptet, dass dickere Organe mit dickeren Platten grössere Kräfte haben müssen, wegen der grösseren Zahl von Molekülschichten, — dass dickere Platten thatsächlich grössere Kraft haben, wage ich vorläufig noch zu bezweifeln, denn bei einem verbrauchten Material von etwa 100 Thieren müsste mir irgend etwas doch schon auf-

1) In der S. 493 citirten Abhandlung.

gefallen sein —; aus dem Satz aber folgt mindestens, dass in jeder Platte viele Molekelschichten hypothetischer Weise darin stecken. Für mich würde aus der Uebereinstimmung von Plattenschlagkraft und Muskelstromkraft an erster Stelle folgern, dass man beim Muskel thatsächlich den grössten Theil der Kräfte bei Längs- und Querschnitts-Ableitung in den Boussolkreis hereinbringt, und die Verluste durch innere Abgleichung nur gering sind. Mit der Alterationshypothese wäre dies sehr wohl vereinbar. Die Molecularhypothese dagegen erfreut sich der starken inneren Abgleichung ihrer Ströme und setzt eine electromotorische Kraft voraus, die jedenfalls sehr viel höher ist, als der Bruchtheil derselben, den sie zwischen den Electroden fasst. Zugleich ist das electrische Organ für sie ein Leiter von solchem inneren moleculären Bau, dass er alle in ihm entstehenden Ströme nach Aussen drängt und ihnen jede innere Abgleichung verwehrt. Irreciprocität der Leitung wird von Du Bois-Reymond direct als das Mittel angesprochen, das im Organ angewendet wird, um die Stromdichte ausserhalb des Organs möglichst gross zu machen, und ausserdem ausdrücklich auf die Molekeln selbst ausgedehnt.[1]) Es ist demnach im Sinne dieser Theorie nothwendig, dass die jeweils ermittelte Schlagkraft sich als ein durch Summirung der Kräfte aller im Organ thätigen Molekeln erhaltener höchsten Werth darstellt, bei dem die thatsächliche electromotorische Kraft der Molekel ohne jeden Abzug durch Nebenschliessung in die Rechnung eingeht. Das Maximum der überhaupt erreichbaren Kraft des Organschlages würde auch dann erreicht werden, sobald in nur einer einzigen Säule alle Platten geschlagen haben.

Daraus folgt aber unter allen Umständen, dass die Kraft der einzelnen Molekel unter 0,084 Daniel liegt und nicht darüber. Ihre Kraft wird erhalten, indem man die Kraft des Plattenschlages durch die Zahl der Molekelschichten in der Platte dividirt, und sie wird um so geringer, je grösser die Schichtenzahl ist. Meinte Fritsch es wirklich ernst, wenn er die rundlichen Körperchen der Molecularschicht als electrische Molekeln auffasst, so sänke die Kraft der

1) Lebende Zitterrochen in Berlin. 2. Abhandlung. Archiv f. Anat. u. Physiologie, 1887, S. 102.

einzelnen Molekel, den 10 Reihen der Molecularschicht entsprechend, auf 0,0084 Daniel.

Die wohlwollendste Rechnung würde dann unter allen Umständen die electromotorische Kraft der Molekel immer noch 10mal niedriger finden, als der Muskelstromkraft, anstatt grösser. Es folgt aus der behaupteten Irrecipocität der Leitung nebenbei noch etwas anderes. Nämlich, dass präformirte Kräfte gar nicht existiren: da denn jede Molekel, die zufällig noch in der Schlagrichtung liegt — und eine müsste sich doch wenigstens auch im Ruhezustande in jeder Schicht finden —, ihren Strom unweigerlich durch das Organ nach Aussen senden und mit den anderen gleichgerichteten Genossen einen Ruhestrom erzeugen müsste, der dem Organschlage an Stärke gleich käme. Ja, man könnte sogar sagen, dass bei dieser Auffassung ein Unterschied zwischen Ruhe und Thätigkeit gar nicht möglich wäre; denn eigentlich müssten sogar alle Stromfäden, die die gleichgültig wie gelagerte Molekel umgeben, aus dem Organ immer in gleichem Sinn herausgedrängt werden. Irreciproker Widerstand und Molecularhypothese vertragen sich nicht miteinander.

Man wird nun sofort zu Gunsten der Molecularhypothese geltend machen, dass die irreciproke Leitung erst von gewissen Stromstärken an entstehe und keine dauernde Eigenschaft des Organes sei, sondern vielmehr nach einer gewissen, und wie scheint recht kurzen Zeit fast ganz verschwinde. Man kann nach Gotch gleich noch hinzufügen, dass sie eine Latenz besitzt, welche der Latenz des direkt gereizten Organes entspricht. Nach dem Entdecker der Irreciprocität besitzt sie nun auch einen Schwellenwerth[1]), dauert nur kurze Zeit und ist am besten mit tetanisirenden Wechselströmen nachweisbar.[2]) Es ist deswegen zu erwarten, dass sie doch irgendwann einmal fallen gelassen werden wird und aus der Reizung der Organe erklärt werden wird, wie dies Gotch bereits thut. Für uns ist es wesentlich, dass sie sich mit präformirten electrischen Molekülen nicht verträgt.

1) S. 96 der auf S. 491 citirten Arbeit.

2) Das Wort „tetanisirend“ ist von mir eingeschaltet. Du Bois-Reymond spricht nicht davon.

Lässt man sie nun bei Seite und nimmt an, dass sie nicht existirt, was ja ihrem Entdecker zu jeder Zeit frei steht, so wäre die Moleculartheorie des Organes einer Sorge ledig und kann sich wiederum Molekülen von grosser electromotorischer Kraft und guter innerer Nebenschliessung hingeben. Ich halte es dann nur noch für einen sehr merkwürdigen und der Erklärung äusserst bedürftigen Zufall, dass Plattenschlagkraft und Muskelstromkraft so genau übereinstimmen.

Für die Alterationstheorie, welche die Muskel- und Nervenströme als Folgen eines chemischen Processes betrachtet und diese nur so lange dauern lässt, wie die Processe selber, ist die Uebereinstimmung von Plattenschlagkraft und Muskelstromkraft kein Zufall, da sie nichts hindert und vielmehr vieles dafür spricht, anzunehmen, dass den Actions- und Demarcationsströmen dieselben chemischen Processe zu Grunde liegen. Dass der dem Demarcationsstrom zu Grunde liegende chemische Process am Querschnitt haften bleibt und nicht, dem Actionsstrom gleich, den ganzen Muskel ergreift, steht der einheitlichen Auffassung beider Processe nicht entgegen. Unter dem Mikroskop sieht man auch nicht alle Contractionswellen durch die ganze Faser wandeln, viele von ihnen bleiben vielmehr ebenso stehen, wie der idiomusculäre Wulst, und auch der im vollen Besitz der Leitungsfähigkeit befindliche Muskel ist durchaus nicht verpflichtet, die dauernde Erregung durch die Faser sich fortpflanzen zu lassen. Die Dauercontraction an der Kathode des constanten Stromes ist wohl ein nahe gelegenes Beispiel und am Ende ein in innerem Zusammenhange mit dem Demarcationsstrom stehender Vorgang. Hier bleibt der Erregungsprocess auch in der physiologisch ganz unverletzten Faser am Orte seiner Erregung stehen.

Man ist meiner Meinung nach weiter auch gar nicht genöthigt, inneren Stromesabgleichungen so hohe Werthe beizulegen oder überhaupt nur solche zu vermuthen. Dem Begriff der electromotorischen Fläche widerspricht es, die Stromesabgleichung durch Stromfäden geschehen zu lassen, welche sie selbst in verkehrter Richtung durchsetzen. Ist es vordem schon an sich wahrscheinlich gewesen, dass die Stromquellen nicht in den Fibrillen zu suchen sind, so ist dies seit der Zeit gewiss, seit welcher die Abwesenheit jeglicher Doppelt-

brechung in denjenigen Schichten des Organs constatirt ist, welche der Gleichförmigkeit ihrer Structur nach als die Stromesquellen zu betrachten sind. Die Möglichkeit, dass die Fibrille als solche sich irgendwie am Plattenaufbau noch betheilige, wird zudem noch von Fritsch direct bestritten.[1]) Ich kann auch Engelmann nicht beistimmen, wenn er aus der Entwickelung der unvollkommen electrischen Organe von Raja schliesst[2]), „dass nur die doppeltbrechenden metabolen Glieder der Muskelfibrille Sitz und Quelle der verkürzenden Kräfte des Muskels sind.“ Dass sie den Angriffspunkt der letzteren darstellen, lässt sich wohl ohne Weiteres aus dem Schwund der Doppeltbrechung folgern; dass sie auch den Speicher darstellen, in welchem der Kraftvorrath des Muskels aufgehoben ist, scheint mir aus eben dem Grunde unwahrscheinlich, weil im electrischen Organe nach Schwund der Doppeltbrechung gerade die Substanzen übrig bleiben, deren Zersetzung diejenige chemische Arbeit liefert, welche der Contraction vorausgeht, und deren äusserliches, wenn auch vielleicht für die Contraction nebensächliches Zeichen die Stromentwickelung ist.

Wir suchen also die stromerzeugende Substanz ausserhalb der Fibrillen. Was dann noch im Sarcolemmaschlauch übrig bleibt, ist, von den wenigen Einschlüssen abgesehen, die in der Faser vorkommen, als Stromquelle betrachtet, ein Continuum. Auch das Quellungswasser, das den übrigen Faserinhalt durchtränkt, muss in dieses Continuum als ein durch chemische Kräfte in ihm festgehaltenes Etwas eingerechnet werden, da eben die Muskelfaser nur bei bestimmtem Wassergehalt lebendig ist. In dieser der Entwickelung von electromotorischen Kräften fähigen Substanz würde dann eine sich bildende electromotorische Fläche nahezu lückenlos sein und keine anderen Lücken haben, durch welche Stromfäden von der einen Seite auf die andere treten könnten, als die der Fibrillen. Dort aber würden sich die Polarisationswiderstände finden, die man bei der Querdurchströmung des Muskels bis jetzt wesentlich auf die ganzen Fasern bezogen hat, die man aber auch mit ebenso gutem Recht auf die Fibrillen beziehen darf. Dass die Polarisation

1) a. a. O. S. 114.
2) Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 57 S. 170.

selbst dabei auch noch das Bindeglied zwischen Erregungsvorgang und Fibrillencontraction ist, ist nicht ausgeschlossen.[1]) Der Stärke der Polarisation wegen würden aber die Fibrillen sich ebenso verhalten wie Nichtleiter, und man leitet deshalb zwischen den Electroden nahezu die ganze electromotorische Fläche ab, mit Verlust nur der Stromfäden, welche durch das umhüllende Bindegewebe und das Sarcolemma hindurchgehen.

Die Alterationshypothese ist auch der Sorge ledig, sich mit einer so tiefgreifenden Umgestaltung des inneren Baues der Molekel befassen zu müssen, wie ihn die Moleculartheorie bei der Umwandlung der Muskelfaser zur electrischen Platte nothwendig bedarf. Auf den inneren Widerspruch zwischen dipolaren Molekeln und irreciproker Leitung ist schon hingewiesen worden, und die werdende Torpedo wäre somit auch nicht verpflichtet, sich während ihrer Embryonalperiode mit der Erzeugung der irreciproken Leitung zu befassen, falls die electromotorische Substanz des Organes wirklich einmal nach dem peripolaren Schema des Muskels gebaut gewesen sein sollte. Der sonstige Umbau des electrischen Moleküls, bestehe er nun im Verlust der Beweglichkeit der einen Hälfte, oder im Verlust dieser Hälfte selbst, bleibt ihm auszuführen allerdings noch übrig, von den übrigen nothwendigen Aenderungen der Eigenschaften des Muskels abgesehen. Einer solchen tiefgreifenden Aenderung in der Structur der stromgebenden Substanz bedarf die Alterationshypothese nicht. Die electromotorische Substanz braucht sich bei ihr gar nicht zu ändern, und der Umbau der Muskelfaser ist mit Wachsthumsänderungen und der Weglassung der unnützen Theile allein gethan. Dies ist auch entwickelungsgeschichtlich der verständlichere Vorgang.

Es ist möglich, dass die electromotorische Kraft des Schlages noch etwas höher wird gefunden werden, wenn man noch kleinere

1) Hermann (Untersuchungen über die Polarisation der Nerven und Muskeln. Archiv f. Physiol. Bd. 42 S. 63) bezieht den grossen Querwiderstand des Muskels merkwürdiger Weise auf die Polarisation zwischen Faser und interstitiellem Gewebe, indem er den Faserinhalt, also offenbar alles, was vom Sarcolemmaschlauch umhüllt wird, als Protoplasma bezeichnet und hinsichtlich der Polarisation als einen homogenen Leiter behandelt. Das seiner Zusammensetzung und schon seiner Consistenz nach von der Beschaffenheit der übrigen, den makroskopischen Muskel zusammensetzenden Bestandtheile am meisten abweichende dürfte doch wohl die Fibrille sein.

Ableitungszeiten benutzt. Viel wird es jedoch kaum werden. Der Umstand jedoch, dass man an die Identität der stromerzeugenden Substanzen in Organ und Muskel glauben darf, sollte eigentlich ein starker Antrieb für diejenigen sein, die mit den Untersuchungsmethoden vertraut sind, den im Organ enthaltenen Substanzen auf dem Wege der chemischen Untersuchung näher zu treten, da der Bau des Organs nicht durch diejenigen Substanzen complicirt ist, deren Gegenwart für die mechanische Arbeitsleistung als Angriffspunkte der während der negativen Schwankung im Muskel freiwerdenden chemischen Kräfte nöthig ist. Hierfür wäre wohl die Kenntniss und die Trennung der im Organ vorhandenen Substanzen zunächst werthvoller, als der Vergleich zwischen ruhenden und thätigen Organen.

Es sei gestattet, am Schluss dieser Mittheilung, deren wesentlichste Ergebnisse noch einmal zusammenzustellen:

1. Diejenige Entladungsform des electrischen Organes von Torpedo ocellata und marmorata, welche dem durch Reizung der Nerven mit einem einzelnen Inductionsschlag entstehenden Muskelakte entspricht, besteht in einer 0,006 Sec. im Mittel dauernden Entladung nicht intermittirender Natur.

2. Diese Normalentladung dauert länger als derjenige Theil des nervösen Actionsstromes, welcher zum Vergleich herangezogen werden kann.

3. Die Normalentladung erreicht electromotorische Kräfte bis zu 31 Daniel, der auf die einzelne Platte entfallende Antheil entspricht mit einer Kraft von 0,081 bis 0,084 Daniel der grössten Kraft des musculären Actions- und Demarcationsstromes.

4. Der Plattenschlag ist demnach nicht die Entladung einer Nervenendplatte. Er ist vielmehr auf Vorgänge in einem Substrate zu beziehen, welches mit dem Electricitätsentwickeler im Muskel identisch ist. Plattenschlag und musculärer Actionsstrom vollziehen sich an demselben Substrat.

5. Präformirte electrische Moleküle, irreciproke Leitung und die factische Stromlosigkeit des electrischen Organes sind drei einander widersprechende Dinge.

6. Entledigt man sich der bereits mit triftigen Gründen bestrittenen irreciproken Leitung nicht, so folgt, dass die electrischen

Moleküle im Organ degenerirte, nicht vervollkommnete Moleküle des Muskels sind. Sie haben an Kraft verloren, die eine Hälfte der peripolaren Molekel ist verloren gegangen oder festgewachsen.

7. Die nothwendig aus den bisherigen Annahmen der Molecularhypothese unter Beibehaltung der irreciproken Leitung zu folgernde Degeneration der Moleküle entspricht nicht den bisher in der Entwickelungsgeschichte geltenden Erfahrungssätzen, welche vielmehr eine Steigerung der electromotorischen Kraft zu folgern hätten.

8. Streicht man die Irreciprocität der Leitung aus der Reihe der Organeigenschaften, so bleibt die Uebereinstimmung der electromotorischen Kräfte des Plattenschlags und des Actionsstromes ein für die Moleculartheorie der Erklärung äusserst bedürftiger Zufall.

9. Die als Additivströme bezeichneten pseudoelectrotonischen Erscheinungen folgen keiner Regel. Sie können deshalb auch nicht auf dem Wege erklärt werden, auf welchem von der Molecularhypothese die extrapolaren electrotonischen Ströme erklärt werden.

10. Die electrischen Erscheinungen am Organ allein, sowie die bei constanter Durchströmung der Organnerven an ersterem zu beobachtenden Vorgänge erklären sich einfacher aus den durch die Alterationshypothese ausgebildeten Theorien.

11. Der electrische Nerv ist gegen electrische Ströme nicht unterempfindlich; die factisch zu seiner Erregung nöthige grössere Stromstärke ist durch seine Dicke begründet.

12. Mit einer Kette von 30 Daniels im Reizkreise werden durch Stromstösse von 0,001 Secunde Dauer am positiven Pol bereits Hemmungsvorgänge entwickelt. Diese verkleinern die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erregung und mindern wahrscheinlich auch ihre Intensität. Die Vorgipfel der durch den aufsteigenden Stromstoss erhaltenen Schlagcurve finden hierin ihre wesentliche Erklärung.

13. Bei Stromstössen dieser Dauer geht die Erregung bei beiden Stromesrichtungen vom negativen Pol aus.

14. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung ist wegen der anelectrotonischen Hemmung in diesen Versuchen höher anzusetzen, als die höchsten angegebenen Mittelwerthe von 15,77 m pro Sec. betragen, und wahrscheinlich gleicher Ordnung mit der des Frosches.

15. Bei der Reizung des Nerven mit kurzdauernden constanten Strömen ist der Erfolg derselben von der Electrodendistanz nicht unabhängig. Kurze intrapolare Strecken machen die Entladungen unregelmässig und vermindern den Umfang der Entladung. Die hemmende Wirkung der anelectrotonischen Strecke tritt dann auch bei absteigender Stromesrichtung auf und muss also hier direct bis zur Kathode reichen.

16. Das Ausbleiben der anelectrotonischen Hemmung bei langen intrapolaren Strecken und aufsteigender Stromesrichtung erklärt sich aus dem Verschwinden des Anelectrotonus in der Zeit, während welcher die Erregung die intrapolare Strecke durchmisst.

17. Inductionsströme erzeugen Entladungen, in denen die Stromesintensität mehrmals wechselt. Die Mehrgipfligkeit der Curve ist von der Richtung des Inductionsschlages nicht unabhängig.

18. Da es überhaupt möglich ist, eingipflige Curven gesetzmässig durch electrische Nervenreizung zu erzeugen, so liegt der Grund für die Mehrgipfligkeit der mit Inductionsschlägen gewonnenen Curven in der Versuchsanordnung. Er ist nicht in Erregungen einzelner Säulengruppen durch den Schlag anderer Gruppen zu suchen. Verantwortlich ist wahrscheinlich die kurze intrapolare Strecke und die Benutzung metallischer Electroden.

19. Die electrischen Nerven sind auch mechanisch und chemisch erregbar. Die chemische Erregbarkeit ist jedoch äusserst gering. Sie besteht bei der Verwendung concentrirter Salzlösungen vielleicht bloss in Steigerung der Erregbarkeit. Ammoniak tödtet langsamer als sonst. Die chemische Indolenz beruht vielleicht auf dem höheren Gehalt des Serums an gelösten Substanzen.

20. Die natürlichen Entladungen haben keinen einheitlichen Charakter. Vor allem ist ihre Frequenz variabel.

21. Die vor dem Lobus electricus gelegenen Hirntheile sind electrisch erregbar, die von dort auslösbare Entladungsform ist nicht die des Rhythmus der electrischen Reizung, sondern die der Spontanentladung. Die Reizung des Lobus electricus gibt beide Entladungsformen.

22. Der Schlag dient bloss zur Abwehr oder Ueberraschung durch Schreck, er vermag auch dann nicht zu tödten oder zu lähmen, wenn es auf den Beutefang abgesehen ist.

23. Die relative Immunität der Thiere gegen ihren Schlag und die Schläge ihrer Genossen ist noch nicht bewiesen. Die scheinbare geringe Empfindlichkeit der im Wasser liegenden Thiere gegen ihre eigenen und gegen die Schläge anderer Thiere beruht auf der Schwächung des Schlages durch die Stromvertheilung im Wasser.

Bemerkungen zu den Versuchsprotokollen und den Schlagcurven.

Die Constanten des Rheotoms sind für alle Versuche bis XXX dieselben, von dort an tritt wegen der Benutzung der anderen Boussolableitevorrichtung eine Verschiebung des Nullpunktes ein.

Die Umlaufszeit ist für alle Versuche gleich und beträgt 0,2 Secunden.

Die Boussolableitungszeit ist für Versuch XIV—XXX 0,0005 Sec., der Nullpunkt des Instruments liegt in der Strecke $21\,{}^{1}/_{8}$—$21\,{}^{3}/_{8}{}^{0}$. Ein Grad der Theilung ist 0,002 Secunden, für die späteren Versuche ist die Boussolableitungszeit etwas länger geworden.

Die Abstände der beiden Nullpunkte bei Benutzung der einen oder andern Ableitevorrichtung sind:

Nebenschluss: $21\,{}^{4}/_{16}$—$21\,{}^{6}/_{16}{}^{0}$

Hauptschluss: $8\,{}^{2}/_{16}$— $8\,{}^{6}/_{16}{}^{0}$.

Aus den Originalprotokollen der Compensationsversuche sind in dieser Mittheilung die Schieberstellungen so umgerechnet, dass die Nullpunkte die gleichen sind, wie für den Nebenschluss.

Die Angaben über die Boussolableitungszeit sind wahrscheinlich grösser, als der Wirklichkeit entspricht. Nach dem Vergleich der Ausschläge bei stehendem und laufendem Rheotom würde sie unter ${}^{1}/_{600}$ des Umfangs liegen, also kleiner sein als 0,00033 Secunden.

Im Reizkreise sind stets 16 Daniel und 6 Bunsen, wo nicht ausdrücklich (Versuch XXX) anderes bemerkt ist. Die secundäre Spirale ist stets aufgeschoben.

Die in dem ersten Stab der Protokolle enthaltenen Curvennummern sind die der in den Tafeln III—VI mitgetheilten Curven. Die Abscissentheile sind die Theilstriche des Rheotoms, der Werth jedes (dritten) Theilstrichs ist 0,002 Secunden. Der Werth eines Skalentheils der Protokolle beträgt in den Curven 0,2 mm. Die Bruchtheile der Ordinaten sind auf 0,5 mm abgerundet.

Die in die Curven eingelegten Punkte geben an, dass daselbst eine Messung gemacht wurde. Eine Null oder ein Fragezeichen in der Abscisse bedeutet Fehlen oder Spuren eines Ausschlages.

Die Curven 1 und 2 geben den Verlauf der Ermüdung.

Die Curven 1—17 sind mit Inductionsschlägen erhalten.

Die Curven 18—56 sind durch Reizung mit constanten Strömen von circa 0,001 Sec. Dauer erhalten.

Bei Curve 3—17 bedeutet die punctirte Linie solche Lagerung der Electroden, dass der zweite Theil des Inductionsschlages, welcher dem Oeffnungsschlag entspricht, absteigend gerichtet war.

Bei Curve 18—56 entspricht die punctirte Linie dem absteigenden Strom.

Die intrapoloren Strecken (i. p. Str.) sind bei No. 18—56 beigesetzt.

Bei den Compensationsversuchen No. XXXI—XXXIII bedeutet die in den Stäben „über-, resp. unter-compensirt“ „mit .... Daniel“ stehende Zahl x, dass nach Einschaltung der in der voranstehenden Colonne angegebenen Elementenzahl ein Ausschlagsrest von x Skalentheilen übrig blieb, bei Uebercompensation in der dem Schlag entgegengesetzten Richtung, bei Untercompensation in der Richtung des Schlagstromes.

Die Organe sind nach der Zeitfolge ihrer Verwendung als Organ I und II bezeichnet.

↓ und ↑ sind die bekannten Zeichen für aufsteigende und absteigende Stromesrichtung.

Beim Versuch XV—XXIV beziehen sich dieselben auf die Richtung des Oeffnungsschlages.

Versuch XIV.

Organ II. Nerv I u. II.
Reizung m. Inductionsschlägen.

Curven-No.	Schieberstand	Ausschlag
1. 1)	24,0	305
	½	423
	25,0	283
	½	81
	26,0	13
	½	3
1. 2)	26,0	16
	25 ½	128
	0	408
	24 ½	343
	0	218
1. 3)	23 ½	11
	24,0	222
	½	337
	25,0	267
	½	132
	26,0	32
	½	14
1. 4)	27,0	5
	26 ½	8
	0	31
	25 ½	121
	0	241
	24 ½	266
	0	89
1. 5)	23 ½	1
	¾	8
	24,0	6
	½	161
	25,0	174
	½	101
	26.0	36
	½	11
1. 6)	27,0	3
	26 ½	9
	0	31
	25 ½	66
	0	89
	24 ½	54
	0	7
	¼	24
	½	38
	25,0	49
	½	37
	26,0	17
	½	7
1. 7)	27.0	3
	26 ½	12

Curven-No.	Schieberstand	Ausschlag
	25 ½	18
	0	20
	24 ½	17
	¼	9
1. 8)	0	2
	½	13
	25,0	13
	½	9
	26,0	5
	27,0	1½
	26,0	4
	25 ½	6
	0	10
	24 ½	9
	¼	5
	0	½

Versuch XV.

Kleines Thier. Der Widerstand des ganzen Organes, inclusive Electroden betrug 200—210 Ohm. Inductionsschläge. Nerv I u. II.

Curven-No.	Schieberstand	Ausschlag
2. 1)	23,0	0
	¼	13
	½	34
	¾	61
	24,0	88
	¼	146
	½	224
	¾	269
	25,0	187
	¼	104
	½	33
	26,0	5
2. 2)	23 ¼	1
	½	7
	¾	45
	24,0	72
	¼	122
	½	180
	¾	233
	25,0	235
	¼	166
	½	104
	¾	46
	26,0	20
	½	6
	27,0	6
	28,0	13
	½	10
	26 ¾	6
	27 ½	4
2. 3)	23 ¼	0
	½	1
	¾	10
	24,0	28
	½	104
	¾	148
	25,0	189
	¼	206
	½	175
	¾	115
	26,0	61
	½	13
	27,0	7
	28,0	2
2. 4)	23 ½	0
	¾	4
	24,0	7
	¼	20
	½	45
	25,0	131
	¼	170
	½	178
	¾	160
	26,0	115
	½	42
	27,0	15
	28,0	10
2. 5)	24,0	½
	¼	6
	½	11
	¾	18
	25,0	29
	½	65
	26,0	71
	½	48
	27,0	28
	28,0	5
	29,0	2
2. 6)	24 ¾	2½
	25,0	5
	½	20
	26,0	81
	½	25
	27,0	20
	28,0	15

Versuch XVIII.

Sehr kleine Torpedo. Die grösste Breite des Organes ist noch unter 2 cm. Alle vier Nerven zugleich gereizt. Reizung durch Inductionsschläge.

Curven-No.	Schieberstand	Ausschlag
3.	24 ¼	3
	½	10
	¾	58
	25 ¼	115
	½	152
	¾	167
	26,0	132
	¼	90
	½	66
	27,0	27
	28,0	3
	29,0	9
	½	25
	30,0	18
	31,0	10
	32,0	4
	31,0	5
	30,0	8
	29 ½	3
	0	2
	28,0	8
	27 ½	14
	27,0	20
	26 ½	23
	0	8
	25 ½	4
	0	0

Versuch XX.

Einschaltung eines Stromwenders zwischen der secundären Spirale u. den Elektroden. ↑ bedeutet die Lage des Stromwenders, bei welcher in der Jodkalium-Electrolyse der Fleck beim Öffnungsschlage an der peripheren Elektrode erscheint, ↓ die entgegengesetzte Lage des Stromwenders.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	Ausschlag ↓
Nerv I mit seinem Innervationsbezirk.			
	24 ¼	9	0
	½	9	½
	¾	19	1½
	25,0	43	6
	¼	81	18

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	26,0	63	38
	½	53	75
	27,0	33	57
	½	6	17
	28,0	1	1
	29,0	0	0
	25,0	½	0
	½	16	6
	26,0	20	11
	½	25	20
	27,0	22	25
	½	9	14
	28,0	1	13
	29,0	0	0

Durchschneidung der Nerven zwischen Organ und Electroden mit nachfolgender Zusammenfügung der Schnittenden. Reizung ohne Erfolg.

Nerv II mit seinem Innervationsbezirk.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	24 ½	1	49
	¾	0	56
	25,0	19	84
	½	223	96
	26,0	219	81
	½	108	186
	27,0	36	126
	½	5	25
	28,0	1	3
	29,0	13	5
	30,0	25	5
	31,0	1	1
	25,0	12	18
	26,0	95	43
	27,0	30	90

Nervendurchschneidung bis auf eine kleine Bindegewebsbrücke, die Schnittenden zusammengelegt.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	27,0	6	5

Verschiebung der Electroden bis dicht an die Schnittstelle.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	27,0	14	61

Den Electroden die alte Lage gegeben.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
		1	1

Die Electroden wieder an die Schnittfläche gerückt.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
		5	58

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓

Nerv III mit seinem Innervationsbezirk.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
4.	24 ½	60	0
	¾	90	0
	25,0	175	6
	½	208	55
	26,0	137	172
	½	84	180
	27,0	15	52
	½	2	9
	28,0	½	½
	½	14	2
	29,0	109	5
	30,0	25	1
	29,0	61	—

Nervendurchschneidung bis auf ein kleines Bindegewebsrestchen, Zusammenlegen der Schnittenden. Am Reizcontact starke Funken. Reizung bei Schieberstellung:

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	29,0	0	0

Nerv IV mit seinem Innervationsbezirk.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
5.	24 ½	0	0
	25,0	7	17
	½	170	82
	26,0	270	170
	½	217	255
	27,0	80	155
	½	25	42
	28,0	3	6
	29,0	49	0
	½	82	12
	30,0	30	5
	31,0	11	2
	25,0	0	1
	26,0	90	85
	27,0	92	107
	28,0	12	15
	29 ½	27	7
	¾	27	—

Durchtrennung der Nerven dicht am Hilus im Organ. Die Eintrittsstelle erweitert, den abgeschnittenen Nervenstumpf so weit als möglich hineingeschoben und wieder gereizt.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	28—30	0	0

Versuch XXII.

Kleines Thier Alles andere wie bei Versuch XX.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓

Nerv I u. II mit Innervationsgebiet.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	31,0	5	3
	30,0	3	15
	29,0	9	30
	28 ½	50	20
	0	163	20
	27 ½	97	17
	0	45	3
	26 ½	8	15
	0	30	65
	25 ½	80	149
	0	70	56
	24 ¾	77	40
	½	111	29
	¼	69	6
	0	8	2
	27,0	0	0
	28,0	11	1

Nervendurchschneidung, Wiederzusammenlegen etc.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	28	0	1—1½

Ein dünnes Nervenbündelchen war unverletzt geblieben; auch dieses wird durchschnitten.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	28	0	0

Nerv III mit Innervationsbezirk

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
6.	31,0	7	0
	30,0	34	2
	29,0	11	5
	28,0	54	14
	27 ½	80	58
	0	130	65
	26 ½	6	10
	0	18	45
	25 ½	131	137
	0	165	141
	24 ½	105	95
	0	24	4
	23 ½	0	0
	26 ½	3	4
	28,0	23	6

Nervendurchschneidung, Wiederzusammenlegen etc.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	28,0	0	0

Nerv IV mit Innervationsgebiet.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
7.	30.0	4	1
	29,0	29	2
	28,0	10	8

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↑	↓
	27 ½	125	87
	0	280	160
	26 ½	90	92
	0	10	15
	25 ½	129	94
	0	260	250
	24 ½	230	240
	0	118	120
	23 ½	0	5
	25,0	270	—
	26,0	12	—
	27,0	110	—
	28,0	15	—
	27,0	85	—

Der Nerv wird unmittelbar am Rande der peripheren Electrode abgeschnitten, die Schnittenden wieder zusammengelegt.

	27,0	0	5
	25,0	130	110

Die Electroden werden 2 bis 3 mm von der Schnittstelle entfernt.

	25.0	0	0

Die Schnittstelle zwischen die Electroden gelegt.

	25,0	170	160

Neuer Schnitt an der Eintrittsstelle der Nerven in das Organ.

	25,0	0	0

Das andere Organ desselben Thieres.

Nerv I u II mit Innervationsgebiet.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↑	↓
8.	31	23	5
	30	40	7
	29	15	42
	28 ½	57	43
	0	250	60
	27 ½	240	65
	0	65	20
	26 ½	20	20
	0	45	100
	25 ½	160	235
	0	228	215
	24 ½	202	130
	0	88	45
	23 ½	2	0
	25,0	202	178

Nerv zwischen Electroden und Organ durchgebunden.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↑	↓
	25,0	15	10
	28,0	0	0

Die Unterbindungsstelle zwischen die Electroden gelegt.

	28,0	72	7
	25,0	128	142

Die Unterbindungsstelle 2 mm von der peripheren Electrode entfernt.

	25,0	0	0

Die periphere Electrode in die Strangulationsfurche gelegt.

	25,0	63	42

Die Strangulationsfurche auf die centrale Electrode verlegt.

	25,0	91	113

Liquor Amon. caustici auf die zwischen den Electroden liegende Stelle getröpfelt und nach einiger Zeit mit Fliesspapier wieder abgesaugt.

	25.0	0	0

Nerv III mit Innervationsgebiet.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↑	↓
9.	30	1	2
	29	7	2
	28	64	42
	27 ½	125	52
	0	105	60
	26 ½	43	32
	0	47	52
	25 ½	152	183
	0	275	233
	24 ½	181	224
	0	108	51
	23 ½	13	3
	25,0	168	—
	26 ¼	100	—
	27 ½	7	6
	25,0	122	—

Ammoniakbad von 2 Minuten Dauer.

	25,0	0	0

Versuch XXIII.

Anordnung wie bei Versuch XX.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↑	↓
Nerv I u. II mit Innervationsgebiet.			
	33,0	1	1
	32,0	1	1
	31,0	1	3
	30,0	5	12
	29,0	73	30
	28 ½	75	28
	0	50	35
	27 ½	17	9
	0	7	15
	26 ½	27	81
	0	96	172
	25 ½	127	165
	0	135	107
	24 ½	132	24
	0	52	1
	23 ¾	2	0
	½	0	0
	30 ½	6	1
	29 ½	30	5
	29,0	35	5
	28,0	8	3
	27 ½	4	4
	0	8	20
	26 ½	25	67
	0	60	107
	25 ½	75	83
	0	82	30
	24 ½	47	4
	0	4	0
	23 ¾	½	—
	26,0	75	—

Nervendurchschneidung, Zusammenlegen der Schnittflächen etc.

	26,0	0	0

Nerv III mit Innervationsgebiet.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↑	↓
10.	30,0	6	2
	29,0	6	2
	28,0	25	17
	27 ½	95	40
	0	85	58
	26 ½	32	68
	0	9	28
	25 ½	54	67
	0	128	107
	24 ½	148	135
	0	79	91
	23 ½	38	55
	0	0	0

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
11.	23 ¼	3	6
	½	22	30
	24,0	57	78
	½	130	125
	25,0	160	152
	½	88	75
	26,0	28	23
	½	10	11
	27,0	19	37
	½	30	17
	28,0	20	11
	½	7	9
	29,0	1	3
	25,0	—	112

Einen Tropfen Ammoniakflüssigkeit auf den Nerven gethan.

	25,0	—	77

Nach einiger Zeit.

	25,0	—	0

Nerv IV mit Innervationsgebiet.

12.	30,0	0	2
	29,0	6	4
	28,0	36	6
	27,0	11	6
	26 ½	13	24
	0	43	69
	25 ½	138	161
	0	212	178
	24 ½	168	134
	0	57	94
	23 ½	4	28
	¼	0	4

Nerv abgebunden.

	24 ¾	4	4

Unterbindungsfurche zwischen die Electroden gelegt.

	24 ¾	158	122

Versuch XXIV.

Anordnung wie bei Versuch XX.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓

Nerv I und II mit Innervationgebiet.

13.	30,0	64	35
	29,0	105	27
	28 ½	195	32
	0	168	9
	27 ½	23	6
	0	28	72
	26 ½	105	175
	0	175	225
	25 ½	175	215
	0	175	92
	24 ½	133	38
	0	22	4
	23 ½	0	—
	28 ½	3	0
	26,0	50	95

Nervendurchschneidung, Zusammenlegen der Schnittenden.

	26,0	0	0

Nerv IV und Innervationsbezirk.

14.	29	0	0
	28	100	8
	27	280	12
	26	11	22
	25	210	285
	24	210	120
15. 1.	23 ½	18	10
	28 ½	17	—
	0	145	—
	27,0	98	—
	26,0	31	—
	25,0	255	—
	24,0	152	—
	23 ½	0	—
15. 2.	28 ½	72	—
	0	135	—
	27 ½	130	—
	0	0	—
	26,0	55	—
	25,0	190	—
	24,0	14	—

Durchschneidungsprobe.

	25,0	0	—

Das zweite Organ desselben Thieres.

Nerv I u. II mit seinem Theilstück.

16.	32	3	1
	31	37	4
	30	35	9
	29	35	35
	28 ½	172	84
	0	248	74
	27 ½	185	70
	0	84	54
	26 ½	40	80
	0	145	178
	25 ½	227	227
	0	208	186
	24 ½	138	107
	0	54	26
	23 ½	4	6
	23 0	0	0
17. 1.	28 ½	125	—
	0	305	—
	27 ½	315	—
	0	87	—
	26 ½	5	—
	0	20	—
	25 ½	162	—
	0	305	—
	24 ½	305	—
	0	255	—
	23 ½	49	—
17. 2	29 ½	50	—
	0	160	—
	28 ½	245	—
	0	245	—
	27 ½	108	—
	0	16	—
	26 ½	21	—
	0	109	—
	25 ½	218	—
	0	186	—
	24 ½	95	—
	0	29	—
17. 3.	29,0	23	—
	28,0	32	—
	27,0	6	—
	26,0	118	—
	25 ½	166	—
	0	109	—
	28 ½	14	—
	0	6	—
	29,0	6	—
	25,0	75	—
	½	127	—
	26,0	90	—
	28 ½	3	—
	27,0	6	—
	26,0	79	—
	25 ½	93	—

Durchschneidungsprobe

	25 ½	0	0

Versuch XXV.

Reizung mit Kettenströmen. Im Reizkreis 16 Daniel, 6 Bunsen. Unpolarisirbare Electroden für den Nerven. Alles übrige wie früher.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
Nerv I u. II mit Innervationsgebiet.			
18	23,0	0	0
	½	0	0
	24,0	0	15
	½	22	45
	25,0	290	83
	½	360	78
	26,0	315	255
	½	153	196
	27,0	29	68
	½	8	15
	28,0	18	9
	½	18	25
	29,0	16	34
	30,0	4	15
	31,0	1	3
	25 ½	345	68
Additivströme.			
			↓+14
Nach Nervendurchschneidung.			
			0
Nerv III und Theilstück. Intrapolare Strecke 10 mm.			
19.	30	2	8
	29	7	8
	28	7	18
	27	13	55
	26 ½	14	182
	0	55	345
	25 ½	231	160
	0	385	62
	24 ½	131	52
	0	3	0
20.	24 ¼	89	9
	½	75	40
	¾	175	66
	25,0	325	65
	¼	355	60
	½	295	152
	¾	202	295
	26,0	136	305
	¼	38	258
	½	14	198
	¾	7	116
	27,0	7	73
	¼	9	32
	½	10	24
	¾	8	12
	28,0	6	14
	½	3	10
	29,0	4	11
	½	3	11

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
21.	24 ¼	4	6
	½	45	34
	¾	78	35
	25,0	120	35
	¼	161	35
	½	178	63
	¾	153	89
	26,0	104	98
	¼	56	93
	½	22	71
	27,0	4	38
	½	2	14
	28,0	1	5
	25 ½	155	—
Nervendurchschneidung etc.			
	25 ½	0	0
Nerv IV mit Theilstück. Intrapolare Strecke 7 mm.			
22.	29—27 ½	0—1	1—2
	27,0	2	5
	26 ¾	4	15
	½	3	40
	¼	4	90
	0	7	172
	25 ¾	20	292
	½	58	390
	¼	131	405
	0	262	233
	24 ¾	360	108
	½	395	98
	¼	330	84
	0	85	26
	23 ¾	14	8
	½	½	½
Intrapolare Strecke 10 mm.			
23.	23 ½	?	?
	¾	44	2
	24,0	195	8
	¼	335	20
	½	340	25
	¾	318	27
	25,0	263	102
	¼	175	270
	½	78	335
	¾	37	290
	26,0	43	250
	¼	5	133
	½	2	78
	¾	2	29
	27,0	1	17
	½	½	5
	28,0	½	2

Intrapolare Strecke 20 mm.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
24.	23 ¾	6	0
	24,0	58	0
	¼	210	0
	½	263	0
	¾	242	2
	25,0	193	15
	¼	101	168
	½	40	214
	¾	18	225
	26,0	7	195
	¼	2	140
	½	1	84
	¾	—	37
	27,0	—	16
	½	—	2
Intrapolare Strecke 4 mm.			
25.	23 ¾	9	0
	24,0	29	0
	¼	44	1
	½	125	5
	¾	148	20
	25,0	122	64
	¼	85	120
	½	57	131
	¾	27	112
	26,0	10	78
	¼	5	40
	½	2	25
	¾	1	10
	27,0	0	4
	25,0	78	—
Durchschneidungsprobe.			
	25,0	0	—

Versuch XXVI.

Anordnung wie bei Versuch XXV.

Curven-No.	Schieber-stellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
Nerv IV und Theilstück. Intrapolare Strecke 25 mm.			
26.	31,0	15	18
	30	11	27
	29 ½	7	70
	0	12	232
	28 ½	28	305
	0	75	325
	27 ½	192	225
	0	282	25

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
	26 ½	308	13
	0	59	3
	25 ½	0	0

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
27.	25 ½	0	0
	¾	4	0
	26,0	47	2
	½	193	9
	27,0	160	18
	½	57	155
	28,0	12	112
	½	2	38
	29,0	1	7
	30,0	0	0

Intrapolare Strecke 25 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
28.	26,0	7	?
	½	37	2
	27,0	52	3
	½	31	6
	28,0	11	26
	½	1	19
	29,0	—	11
29.	26,0	1	1
	½	9	2
	27,0	20	2
	½	13	3
	28,0	5	12
	½	1½	10
	29,0	—	5
	30,0	—	½

Nerv III und Theilstück. Intrapolare Strecke 25 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
30.	34	3	4
	33	6	25
	32	10	31
	31	36	9
	30	17	7
	29	10	25
	28 ½	7	80
	0	8	215
	27 ½	29	325
	0	118	258
	26 ½	272	17
	0	292	15
	25 ¾	268	0
	½	125	—
	¼	7	—
	⅛	½	—
	25 ¾	187	0
	26,0	212	½
	¼	212	2
	½	169	2
	¾	112	8

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
	27,0	78	45
	½	20	124
	28,0	4	66
	½	2	17
	29,0	—	4

Versuch XXVII.

Anordnung wie bei Versuch XXV.

Nerv IV mit Theilstück. Intrapolare Strecke 28 mm

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
31.	34—31	3—5	3—5
	30,0	5	21
	29 ½	5	77
	0	14	225
	28 ½	42	312
	0	112	330
	27 ½	228	156
	0	288	12
	26 ½	282	14
	0	40	2
	25 ½	0	0

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
32.	26,0	2	2
	½	178	16
	27,0	238	20
	½	202	174
	28,0	116	218
	½	39	176
	29,0	14	89
	½	4	22
	30,0	2	6

Intrapolare Strecke 25 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
33.	26,0	½	½
	½	34	3
	27,0	146	14
	½	178	18
	28,0	122	58
	½	46	122
	29,0	14	114
	½	4	48
	30,0	2	22

Nerv III. Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
34.	25,0	?	?
	½	22	6
	¼	1	—
	¾	145	6

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
	26,0	212	0
	¼	—	1
	½	? 5	11
	27,0	278	192
	½	202	272
	28,0	78	180
	½	15	124
	29,0	4	28
	30,0	1	2
	31,0	0	0

Intrapolare Strecke 30 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
35.	25 ¼	?	0
	½	1½	0
	¾	19	0
	26,0	96	?
	⅛	—	½ ?
	¼	162	1
	½	194	1
	27,0	198	6
	½	108	134
	28,0	30	176
	½	12	128
	29,0	4	45
	½	—	13
	30,0	—	2

Nerv I und II. Intrapolare Strecke 3—4 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ausschlag ↑
36.	31,0	12	6
	30,0	5	9
	29 ½	5	19
	0	8	78
	28 ½	19	238
	0	94	325
	27 ¾	170	322
	½	218	322
	¼	288	260
	0	302	138
	26 ¾	304	28
	½	268	3
	¼	160	1
	0	36	0
	25 ¾	2	—
	½	½	—
37.	25 ¾	4	—
	26,0	18	¼
	¼	46	½
	½	88	1½
	¾	176	3
	27,0	180	3
	¼	192	9
	½	183	30
	¾	176	58

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
	28,0	158	78
	¼	122	120
	½	76	124
	¾	41	108
	29,0	24	79
	½	9	50
	30,0	3	21
	31,0	—	2

Versuch XXVIII.

Nerv IV. Intrapolare Strecke 35 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
38.	24 ¾	0	0
	25,0	7	0
	¼	95	0
	¾	185	0
	26,0	170	0
	¼	116	1
	½	105	3
	¾	60	28
	27,0	31	112
	½	4	172
	28,0	3	82
	½	1	15
	30,0	0	0

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
	25,0	0	0
	¼	2	0
	½	8	½
	¾	22	3
	26,0	28	17
	½	22	68
	27,0	8	40
	½	4	15
	28,0	2	5

Nerv III. Intrapolare Strecke 8 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
39 u. 40.1)	25 ¼	2	2
	½	2	4
	¾	2	5
	26,0	4	4
	½	2	2
	27,0	0	0

Intrapolare Strecke 10 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
39 u. 40.2)	25 ¼	10	½
	½	12	1
	¾	16	11

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
	26,0	14	34
	½	7	58
	27,0	3	34
	½	1	5
	28,0	0	3

Intrapolare Strecke 30 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
39 u. 40.3)	24 ¾	2	0
	25,0	52	0
	¼	152	0
	½	180	0
	¾	184	? ½
	⅞	—	¾
	26,0	154	1
	¼	90	11
	½	56	68
	27,0	10	184
	½	3	125
	28,0	1	39
	½	—	11
	29,0	—	5

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
41.	25,0	5	½
	½	29	3
	26,0	60	78
	½	28	155
	27,0	12	82
	½	3	23
	28,0	—	9
	½	—	3

Intrapolare Strecke 30 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
42.	24 ¾	3	0
	25,0	26	0
	½	175	0
	¾	—	0
	26,0	184	1
	½	122	19
	27,0	26	172
	½	9	168
	28,0	3	66
	½	—	24
	29,0	—	11
	½	—	4

Intrapolare Strecke 4 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
43.	25,0	1	0
	26,0	31	10
	½	41	88
	27,0	22	102
	½	14	51
	28,0	6	18
	29,0	1	3

Intrapolare Strecke 30 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
44.	24 ½	?	0
	¾	1	0
	25,0	8	0
	¾	136	0
	26,0	158	0
	¼	—	0
	½	115	1
	¾	—	13
	27,0	56	51
	½	31	122
	28,0	17	115
	½	9	62
	29,0	5	28
	½	—	11
	30,0	—	6

Versuch XXX.

Aussergewöhnlich grosses Exemplar von Torpedo marmorata. Die Organlänge betrug 16 bis 17 cm. Die verfügbare Länge von Nerv IV über 50 cm.

Nerv IV. Intrapolare Strecke 50 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
	25 ¼	1	0
	½	6	0
	¾	17	0
	26,0	62	0
	½	430	0
	27,0	über 600	0
	½	—	2
	¾	—	1
	28,0	—	5

Halbe Empfindlichkeit des Galvanometers. Intrapolare Strecke unverändert.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
45.	26,0	9	0
	½	107	0
	27,0	252	0
	½	242	0
	28,0	200	1½
	½	82	33
	29,0	47	225
	½	8	276
	30,0	3	174
	½	1	72
	31,0	½	20
	32,0	1	3

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
	33.0	0	1½
	35,0	0	2
	37,0	0	1

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
46.	26,0	?	0
	½	4	?
	¾	—	2
	27,0	18	7
	½	22	27
	28,0	16	41
	½	9	22
	29.0	1	9
	30,0	0	0

Intrapolare Strecke 20 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
47.	26 ¼	?	0
	½	3	0
	27,0	52	0
	½	73	?
	¾	52	4
	28,0	36	9
	½	4	7
	29.0	4	4
	30,0	0	0

Das Galvanometer wieder auf die gewöhnliche Empfindlichkeit gebracht. Intrapolare Strecke 50 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
48.	26,0	2	—
	½	45	—
	27,0	310	—
	½	355	—
	28,0	280	½
	¼	—	2
	½	73	12
	29,0	38	142
	¼	10	325
	¾	—	305
	30,0	2	238
	½	0	98
	31,0	0	30
	32,0	0	1

m Reizkreis nur 15 Daniels. Intrapolare Strecke 50 mm

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↓	↑
49.	26,0	0	0
	½	½	0
	¾	19	0
	27,0	46	0
	½	145	0
	28,0	115	0
	¼	—	?
	½	52	1½
	29,0	13	54
	½	2	188

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
	30,0	—	124
	½	—	76
	31,0	—	21
	½	—	1
	32,0	—	0

Nerv III. Im Reizkreis nur 15 Daniells. Intrapolare Strecke 38 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
50.	25,0	1	—
	½	3	—
	26,0	21	—
	½	142	—
	27,0	280	—
	½	197	0
	¾	—	2
	28,0	104	8
	½	68	325
	29,0	41	500
	½	8	420
	30,0	7	130
	½	6	38
	31,0	—	7

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
51.	24 ½	1	0
	¾	6	0
	25,0	20	0
	¼	—	2
	½	135	11
	26,0	19	0
	½	97	7
	0	9	0
	25 ½	0	0
	26 ½	66	11
	27,0	136	107
	½	110	145
	28,0	52	92
	½	15	33
	29,0	3	9
	30,0	1	1

Nur 7 Daniels im Reizkreise.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
52.	25 ¼	3	—
	½	18	1
	26,0	34	42
	27,0	31	25
	½	34	75
	28.0	18	66
	½	6	24
	29,0	2	7

Im Reizkreise 16 Daniels und 7 Bunsen.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
53.	25 ½	2	0
	26,0	28	0
	½	148	13
	27,0	172	154
	½	114	182
	28,0	37	138
	½	12	60
	29,0	4	18
	30,0	1	3

Intrapolare Strecke 35 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
54.	25 ½	2	—
	¾	3	—
	26,0	10	—
	½	320	—
	27,0	430	—
	½	mehr als 500	?
	¾	—	5
	28,0	430	9
	½	250	215
	29,0	127	290
	½	17	154
	30,0	15	95
	½	5	23
	31,0	—	5
	½	—	10
	32,0	—	2

Intrapolare Strecke 5 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
55.	25 ½	½	—
	26,0	3	—
	½	15	—
	¾	—	1
	27,0	42	7
	½	49	63
	28,0	47	122
	½	28	98
	29,0	15	56
	½	8	22
	30,0	4	9
	31,0	½	4

Intrapolare Strecke 25 mm.

Curven-No.	Schieberstellung	Ausschlag ↑	↓
56.	25 ½	?	—
	26,0	?	—
	½	2	—
	27,0	30	—
	½	109	½—1
	¾	—	4
	28,0	138	90
	½	112	240
	29.0	66	220
	½	31	134
	30,0	14	80
	31,0	4	19
	32,0	1	3

Compensationsversuche.

Versuchsanordnung siehe S. 496 u. f.

Versuch XXXI.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
		Nerv IV.		
25 ¼	4			
½	4			
¾	über 600	compensirt	23	
26,0	430	„	17	
¼	355	„	15	
½	308	„	14	
¾	310	„	14	
27,0	165	„	7	
½	55	über	1	20
		Nerv III.		
25,0	12			
¼	355			
½	440			
¾	520	compensirt	20	

Unmittelbar nach der Compensation ist der Ausschlag 860 sc.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
26,0	510 520	unter	23	5

Ausschlag unmittelbar nach Beendigung der Compensationsmessung.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
¼	über 600	unter	23	80

Ausschlag nach beendigter Compensationsmessung 570 sc.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
½	über 600	unter	23	85
¾	570	„	23	5
27,0	305	compensirt	11	
¼	175	über	5	10

1—20 Daniels der Compensationskette, successive in den Rheotomkreis mit dem Organtheil des Nerven III aufgenommen, geben bei rotirendem Rheotom, Durchströmung des Organs in oder gegen die Schlagrichtung pro Element 19 bis 20 Skalentheile Ausschlag.

Versuch XXXII.

Kleine Torpedo.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
		Nerv IV.		
23 ½	15			
24,0	36			

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
24 ½	über 600	unter	24	150
25,0	605	„	24	75
½	430	compensirt	20	
26,0	198	„	9	
½	56			
0	205	über	9	5
25 ½	470	unter	21	10
0	595	„	24	75
24 ½	550	„	23	30
¼	285	compensirt	14	
0	102	„	5	
25 ½	210	„	9	
26,0	70			
25,0	430	„	22	

Die Compensation sehr gut getroffen.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
24 ½	520	„	24	
¼	415	„	19	
0	103	über	5	5—10
		Nerv III.		
28,0	30			
27 ½	35			
0	55			
26 ½	96			
0	38			
25 ½	49			
0	215	unter	10	5
24 ½	495	über	23	5—10
¼	580	unter	24	40
0	560	compensirt	24	

Die Skala bleibt lange in der Ruhelage, unmittelbar nach der Unterbrechung des Compensationsstromes ist der Ausschlag 480 sc.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
23 ¾	265	unter	11	
		Nerv I und II.		
25 ½	95			
0	280	unter	14	5
24 ½	560	„	23	7
¼	über 600	„	24	25

Compensation nicht zu treffen, weil sich die Stromstärke sofort ändert, wenn die compensirenden Elemente eingeschaltet werden. Die Compensation einmal getroffen mit 17 D. Ausschlag danach waren 510 Skaleutheile, er wuchs sofort wieder bis über 600.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
24,0	über 600			
23 ½	600	compensirt	24	
24,0	470			
23 ½	51			
¼	1			

Dieselbe Erscheinung.

Versuch XXXIII.

Schieberstellung	Ausschlag ↓	Ueber- oder untercompensirt	mit Daniels	um Skalentheile
		Nerv IV.		
25,0	222			
24 ½	461	compensirt	14	
0	423	unter	13	10
25,0	175	„	6	5
23 ½	105			
		Nerv III.		
25,0	18			
24 ½	152			
0	405	über	12	5
23 ½	258	„	8	10—20
24 ¼	268	compensirt	9	
24 ½	162			
		Compensation nicht zu treffen.		
23 ½	290	compensirt	9	
24,0	400	„	12	
		Compensation gut getroffen.		
		Nerv I und II.		
24 ½	380	compensirt	18	
25	160	über	6	80
23 ¾	320		8	
		Compensation nicht zu treffen.		
24 ¼	560	compensirt	19	
½	490	„	19	
		Organ II Nerv I und II.		
23 ½	390	compensirt	11	
24,0	280	über	9	20
23,0	310	„	9	20
25,0	125			
24 ½	810	„	9	20

1—20 Daniel der Compensationskette, successive in den Rheotomkreis mit dem Organstück des Nervs III aufgenommen, geben ohne Reizung, bei Durchströmung mit und wider die Schlagrichtung pro Element 32—34 Skalentheile Ablenkung.

In den übrigen Versuchen betrugen die beobachteten grössten electromotorischen Kräfte:

Versuch XXXIV.

Nerv	I u. II	15 Daniel
„	III	15 „
„	IV	13 „

Versuch XXXV.

Nerv	I u. II	15 Daniel
„	III	14 „
„	IV	18 „

Versuch XXXVI.

Nerv	I u. II	24 Daniel
„	III	19 „
„	IV	22 „

Versuch XXXVII.

Sehr grosse Torpedo occellata.

Nerv	I u. II	17 Daniel
„	III	19 „
„	IV	23 „

Zu strittigen Fragen über die Natur der electromotorischen Kräfte Stellung zu nehmen, konnte mit Rücksicht auf die Messungen der letzteren nicht vermieden werden, da ohne Stellungnahme der Vergleich der Organschlagkraft mit den andern electromotorischen Kräften physiologischen Ursprungs nicht möglich gewesen wäre. Es musste auch desswegen geschehen, damit die von Fritsch im Vorbeigehen unternommene Identificirung der Körperchen der Molecularschicht der Platte mit electrischen Molekeln sich nicht zu der grob morphologischen Vorstellung wirklich sich drehender kugliger Massen in irgend welchen anderen Köpfen umwandele. Auf eine spätere Discussion der Moleculartheorie werde ich selbstverständlich nicht eingehen.

Zur Lehre von den Vocalklängen.

Neue Untersuchungen mit Hensen's Sprachzeichner

von

Dr. **Hugo Pipping,**

Docent der Phonetik an der Universität Helsingfors.

(Aus dem physiologischen Institut in Kiel.)

Seitdem ich im Frühjahre 1888 den Hensen'schen Sprachzeichner kennen und schätzen lernte, ist es mein Wunsch gewesen, mit Hilfe dieses Apparates die Natur der Vocalklänge möglichst genau zu erforschen. Die ersten Resultate meiner Bemühungen sind den Lesern dieser Zeitschrift bekannt[1]), jetzt habe ich meine Analysen auf andere Vocale und andere Tonhöhen ausgedehnt, und ausserdem durch die Ausmessung distanter Wellen die genaue Periodicität der Curven gesungener Vocale festgestellt. Auch habe ich einige Analysen gesprochener Vocale mitzutheilen. Wie schon früher einmal, habe ich auch jetzt Gelegenheit gehabt, eine längere Zeit im Kieler Physiologischen Institut zu arbeiten; wie damals erkenne ich dankbar an, wie sehr meine Arbeit dadurch erleichtert und befördert wurde.

Bei der Fülle des vorliegenden Materials[2]) ist an die vollständige Veröffentlichung desselben in einer Zeitschrift nicht zu denken, die grosse Reihe der berechneten Constanten wird später anderswo[3]) mitgetheilt werden. Doch wird es angebracht sein, hier eine Zusammenstellung meiner Resultate zu geben.

1) Bd. 27 N. F. Bd. 9 S. 1.

2) Zu den 24 Analysen, die ich früher gemacht habe, sind jetzt 177 neue hinzuzufügen.

3) Wahrscheinlich in „Acta Societatis Scientiarum Fenniae".

Auf eine ausführliche Besprechung aller jüngst erschienenen Arbeiten über die Vocalfrage werde ich mich diesmal nicht einlassen.[1]) Von den sprachwissenschaftlich bedeutenden, in akustischer Hinsicht nicht befriedigenden Arbeiten Lloyd's[2]) habe ich anderswo[3]) ein recht umfangreiches Referat gegeben. Die Angaben über Eigentöne und Klangfarbe der Vocale, welche Otto Bremer in seiner Deutschen Phonetik[4]) mittheilt, entziehen sich jedem Urtheil, weil die Methode der Untersuchung vorläufig nicht beschrieben wird. Dagegen habe ich Veranlassung, die von Herrn Professor L. Hermann[5]) in verschiedenen Aufsätzen ausgesprochenen und von J. D. Boeke[6]) im Ganzen unterstützten Ansichten über Vocalbildung und Klangwahrnehmung recht eingehend zu prüfen. Ich wünsche zu zeigen, warum ich, unbeeinflusst durch diese neuen Lehren, den einmal eingeschlagenen Weg ruhig weiter gehe.

Wie früher, stützte ich mich auch jetzt auf Fourier'sche Analysen der mit Hensen's Sprachzeichner hergestellten Curven. Dieses Verfahren ist natürlich nur unter der Voraussetzung vorgeschrieben, dass die Vocalklänge lauter harmonische Theiltöne enthalten. Hermann glaubt indessen bei den gesungenen Vocalen zwei Arten von unharmonischen Theiltönen beobachtet zu haben: erstens unharmonische Theiltöne mit gleichmässig fortschreitenden Phasen,

---

1) Eine interessante Zusammenstellung älterer und neuerer Arbeiten findet man bei Auerbach. Zeitschr. f. franz. Spr. u. Lit. Bd. 16 S. 117.

2) R. J. Lloyd, Some Researches into the Nature of Vowel-Sound. Liverpool 1890. — Speach Sounds: their Nature and Causation. Phonetische Studien Bd. 3—5, Marburg 1890—1892.

3) Zeitschr. f. franz. Spr. u. Lit. Bd. 15 S. 157.

4) Otto Bremer, Deutsche Phonetik. Leipzig 1893.

5) L. Hermann, Phonophotographische Untersuchungen I—IV. Pflüger's Archiv Bd. 45 S. 582, Bd. 47 S. 44 u. 347, Bd. 53 S. 1. — Ueber das Verhalten der Vocale am neuen Edison'schen Phonographen. Pflüger's Archiv Bd. 47 S. 42. — Bemerkungen zur Vocalfrage. Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 181. — Die Uebertragung der Vocale durch das Telephon u. Mikrophon. Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 543. — Ueber die Prüfung von Vocalcurven mittels der König'schen Wellensirene. Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 574. — Zur Theorie der Combinationstöne. Pflüger's Archiv Bd. 49 S. 499. — Beiträge zur Lehre von der Klangwahrnehmung. Pflüger's Archiv Bd. 56 S. 467.

6) J. D. Boeke, Mikroskopische Phonogrammstudien. Pflüger's Archiv Bd. 50 S. 297.

welche die Periodicität der Curven beeinträchtigen, zweitens und vor Allem unharmonische Theiltöne, welche durch Phasensprünge am Anfang jeder Periode es vermeiden, die regelmässige Form der Curve zu stören.

Gegenüber dieser Ansicht muss ich zunächst auf die einschlägigen Versuche von Hensen[1]) hinweisen, durch welche gezeigt wird, dass eine tönende Luftlamelle unfähig ist, einen Resonator anzublasen. Ex analogia müssen wir schliessen, dass auch der tönende Luftstrom, welcher bei der Vocalbildung durch die Mundhöhle geht, unfähig ist, einen selbstständigen, von der Schwingungszahl des Kehlkopfklanges unabhängigen Mundton zu erzeugen; denn auch die Mundhöhle ist als ein, wenn auch exceptionell weichwandiger, Resonator aufzufassen. Ich habe durch die Gefälligkeit des Herrn Prof. Hensen Gelegenheit gehabt, mich von der Pünktlichkeit zu überzeugen, mit welcher der Ton des Resonators auftaucht oder verschwindet, je nachdem der auf ihn wirkende Luftstrom tonlos oder tönend gemacht wird. Die Richtigkeit der Beobachtung wurde von Hensen auch mittels Flammenbildern festgestellt.

Obgleich dieser Versuch von Hensen und der schroffe Widerspruch zwischen Hermann's Lehre und den bekanntesten Thatsachen der Akustik[2]) mich berechtigen, dieselbe von vorne herein abzulehnen, will ich doch diejenigen Erscheinungen besprechen, durch welche Hermann seine Meinung stützen will.

Wenn wir zunächst die unharmonischen Theiltöne mit gleichmässig fortschreitenden Phasen in's Auge fassen, wird wohl niemand auf den Gedanken kommen, dass eine genau periodische Curve solche Bestandtheile enthielte. Umgekehrt darf man aber nicht aus der Unregelmässigkeit einer Vocalcurve ohne Weiteres schliessen, dass ihr ein unharmonischer Ton beigemengt war. Solche Unregelmässigkeiten können auch auf anderen Wegen herbeigeführt werden, entweder durch kleine Variationen in der Mundstellung oder durch

---

1) V. Hensen, Die Harmonie in den Vocalen. Diese Zeitschr. Bd. 28 S. 39.

2) Vergl. hiermit die entschieden ablehnende Kritik Auerbach's. Zeitschrift f. franz. Spr. u. Lit. Bd. 16 S. 117.

Schwankungen der Tonhöhe oder schliesslich Mängel des zur Aufzeichnung dienenden Apparates.

Hermann scheint die letztgenannten Quellen der Unregelmässigkeiten ungerne anerkennen zu wollen. In seinen „Bemerkungen zur Vocalfrage“[1]) sagt er Folgendes: „Einmal hat Pipping eine langsam vor sich gehende Veränderung der Configuration in seiner Curve bemerkt (ohne Analyse), aber nicht einmal diese Andeutung als Fingerzeig einer unabhängigen, unharmonischen Beimengung, sondern ohne Weiteres als Folge wechselnder Reinheit des Vocals betrachtet.“

Die eingeschobene Parenthese „ohne Analyse“ ist geeignet, dem Leser die Vorstellung beizubringen, dass ich aus irgend einem Grunde es unterlassen hätte, die betreffende Curve zu analysiren; dabei habe ich diese Curve (No. 9) in derselben Weise analysirt wie die anderen; Hermann hat wohl nur sagen wollen, dass ich die Art der Veränderung nicht näher analysirt habe. Die Behauptung, dass ich meine Deutung der Curve 9 „ohne Weiteres“ gegeben hätte, muss Hermann zurücknehmen, wenn er die von ihm citirte Stelle meiner Abhandlung noch einmal durchliest. Es steht dort (diese Zeitschrift Bd. 27, S. 69—70) wörtlich wie folgt:

„Meine Curven bestanden in der Regel aus einer sehr grossen Anzahl von Wellen, und nur in dem eben besprochenen Falle habe ich Spuren einer veränderten Articulation beobachtet.

Wegen der Unsicherheit der Curve 9 habe ich die Curve 16 beinahe auf derselben Tonhöhe hergestellt.“

Jetzt habe ich, wie der Leser unten finden wird, denselben Vocal auf derselben Tonhöhe nochmals aufgezeichnet und durch die Analyse zweier Wellen die genaue Periodicität der Curve festgestellt.

Hermann macht sich die Mühe etwas zu leicht, wenn er glaubt, das Vorkommen unharmonischer Theiltöne dadurch bewiesen zu haben, dass er mit seinen Apparaten einige unregelmässige Curven aufgezeichnet haben will. Er hätte uns lieber wenigstens eine Tonhöhe von einem Vocal angeben sollen, wo nichtperiodische Curven regelmässig auftreten. Zufällig erscheinende oder auf kürzere Strecken

1) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 187.

der Welle sich beschränkende Unregelmässigkeiten sind unbedingt auf zufällige Variationen der Mundstellung oder der Tonhöhe zurückzuführen. Nachdem ich jetzt von 69 Vocalcurven wenigstens zwei Wellen gemessen habe (in einigen zweifelhaften Fällen sogar drei bis sechs Wellen), ohne den unharmonischen Ton entdecken zu können, ist die Frage als endgültig erledigt zu betrachten. Wenn solche unharmonische Töne überhaupt möglich wären, ist es klar, dass sie eher die Regel, als die Ausnahme bilden würden, weil der Grundton nur durch Zufall ein Unterton des charakteristischen Tones, geschweige denn zweier charakteristischen Töne, werden kann. Ebenso unzweifelhaft ist es, dass sich bei den Doppelanalysen ein unharmonischer Theilton mit fortschreitenden Phasen zu erkennen gibt. Ich habe eine Zeit lang Vocalklänge aufgezeichnet, denen sich ein im Verhältniss zum Vocalklang nicht sehr lauter Stimmgabelton beimengte. Die Analyse hat die Anwesenheit eines unharmonischen Tones so unzweideutig gezeigt, dass ich bereit war, die Möglichkeit einer unharmonischen Beimengung zuzugeben, bis ich schliesslich die Quelle dieses unharmonischen Tones entdeckte.

Bezüglich der unharmonischen Theiltöne mit fortschreitenden Phasen muss ich auch noch eine Bemerkung wiederholen, die ich schon früher gemacht habe.[1]) Solche unharmonische Töne würden beim Gesang jeden Kunstgenuss unmöglich machen. Schon beim Solosingen würde der unharmonische Ton mit dem begleitenden Instrument unangenehme Schwebungen geben, beim Unisono würden selbst bei absoluter Reinheit des Grundtons, infolge der individualen Variationen der charakteristischen Töne, noch grässlichere Schwebungen zu Stande kommen, und beim mehrstimmigen Gesang, wo die verschiedenen Stimmen am Ende auch noch verschiedene Vocale singen, deren Eigentöne dissonant sind, würde diese unangenehme Erscheinung den Gipfel erreichen. Hermann hält es allerdings für ungewiss, ob nicht solche Schwebungen in der That vorkommen.[2]) Dass beim Chorgesang Schwebungen oft vorkommen, ist leider wahr und ist von mir nie bestritten worden. Ich habe nur gesagt, dass

1) Diese Zeitschr. Bd. 27 N. F. Bd. 9 S. 434.

2) Bemerkungen zur Vocalfrage. Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 184.

Schwebungen, wie sie durch unharmonische Vocaltöne hervorgerufen werden müssten, den musikalischen Genuss in Qualen verwandeln würden, und ich bleibe unbedingt bei dieser Ansicht, wenigstens was die Mehrzahl der Zuhörer betrifft. Es gibt allerdings Menschen, die sehr viel Schwebungen vertragen können, ohne in ihrem Genuss gestört zu werden, aber nicht an diese habe ich gedacht, sondern an solche, die etwas von Musik verstehen. Ich denke, dass Hermann sich selber Unrecht thut, wenn er glaubt, einem Chor zuhören zu können, der die Vocale nach seinen Principien bildet.

Ich gebe Hermann unbedingt recht, wenn er sagt, dass diese letzte Bemerkung auf die von ihm supponirten unharmonischen Theiltöne mit regelmässigem Phasenwechsel am Anfang jeder Periode nicht bezogen werden darf. Es freut mich, wenigstens in diesem Punkte Hermann beistimmen zu können, denn im Bezug auf die Hauptfrage — die Möglichkeit oder Unmöglichkeit solcher unharmonischer Theiltöne — gehen unsere Ansichten weit auseinander.

Die Analyse der Vocalklänge[1]) kann von drei verschiedenen Standpunkten aus betrachtet werden: vom mathematischen, vom physikalischen und vom physiologischen. Mathematisch gesprochen, ist die Fourier'sche Analyse, wie Helmholtz bemerkt, strenge genommen willkürlich, obgleich ihre Zweckmässigkeit und Klarheit uns ein Fingerzeig ist, dass sie der innersten Natur der Sache entspricht.[2]) Vom physikalischen Standpunkt aus ist sie unbedingt als die einzig richtige zu bezeichnen. Aus der Fülle von Beweisen, die Helmholtz in seiner Lehre von den Tonempfindungen zusammenstellt, will ich nur einen hervorheben. A. a. O. S. 105 lesen wir Folgendes:

„Wenn man den Dämpfer eines Claviers hebt, so dass alle Saiten frei schwingen können, und nun stark gegen den Resonanzboden des Instruments den Vocal A auf irgend eine der Noten des Claviers kräftig singt, so gibt die Resonanz der nachklingenden

1) Nach dem oben Gesagten und in Betracht der Beweiskraft meiner im Anhang beigefügten Tabellen, halte ich mich für berechtigt, von der Besprechung nicht-periodischer Curven ganz abzusehen.

2) Helmholtz, Die Lehre von den Tonempfindungen. 4. Aufl. S. 58.

Saiten deutlich A, singt man O, so klingt O nach, singt man E, so klingt E nach; I weniger gut."

Dieser einfache Versuch zeigt zur vollen Evidenz nicht nur, dass die Vocale, physikalisch gesprochen, Sinusschwingungen mit regelmässig fortschreitenden Phasen enthalten, sondern ausserdem, dass gerade das specifisch vocalische Element des Klanges sich aus solchen Schwingungen zusammensetzt, sonst würde der von den Claviersaiten zurückklingende Schall den Vocalcharakter verlieren. Ein Vocalton, der, wie Hermann will, am Anfang jeder Periode seine Phase wechselt, ist unfähig, Resonanz zu erwecken[1]), und kann vom Clavier nicht reproducirt werden.

Soweit unsere physiologischen Erfahrungen reichen, können sie die physikalischen nur unterstützen. Mit einiger Uebung können viele Menschen aus den Vocalklängen harmonische Theiltöne heraushören; unharmonische Theiltöne hat meines Wissens niemand herausgehört.[2]) Dabei ist zu bemerken: erstens, dass die für den Vocal charakteristischen Theiltöne, nach dem Zeugniss der Phonogramme, immer die stärksten sind, und zweitens, dass unharmonische Töne aus den Klängen leichter herausgehört werden, als harmonische. Die unharmonischen Töne einer Kirchenglocke oder einer Stimmgabel werden sogar sehr ungeübte Ohren mit Leichtigkeit hören, während zur Auseinandertrennung der harmonischen Töne einer Saite doch eine gewisse Uebung nöthig ist. Es kann ja auch nicht anders sein. Die harmonischen Theiltöne verschmelzen zu einer

---

1) Hermann, Bemerkungen zur Vocalfrage S. 188.

2) Ich sehe hier von den rasch abklingenden unharmonischen Theiltönen ab, die Helmholtz (Tonempf. S. 185) beim plötzlichen Einsatz eines Vocals gehört hat. Ich habe früher (Zur Klangf. d. ges. Vocale S. 47) diese unharmonischen Töne aus dem Schwanken der Tonhöhe erklären wollen, finde aber bei nochmaliger Prüfung meine Erklärung etwas gekünstelt und dazu überflüssig, da Helmholtz aus anderen Gebieten der Akustik Analoga zu diesem Vorgang liefert. Diese unharmonischen Theiltöne beeinflussen in keiner Weise die Curven eines andauernd gesungenen Vocals. — Die „zahlreichen unharmonischen Theiltöne" beim I, von denen Oskar Wolf (Sprache und Ohr S. 61) spricht, sind offenbar nur die nahe aneinander liegenden, hohen harmonischen Theiltöne, welche vermöge ihrer Schwebungen geräuschartig klingen. Wenn die Articulation dermaassen energisch wird, dass ein wirkliches Geräusch entsteht, haben wir es mit dem Reibelaut J zu thun, nicht mit dem Vocal I.

einheitlichen Empfindung, weil sie so häufig nebeneinander ertönen, aber es gibt keine so constante Verbindung unharmonischer Töne, dass das Zusammenklingen dieser Töne zu einer einheitlichen Klangempfindung hätte verschmelzen können. Wir können also getrost sagen, dass unsere physiologischen Erfahrungen, selbst wenn wir die Hilfe der Resonatoren verschmähen[1]), sehr kräftig für die Zweckmässigkeit der Fourier'schen Analyse sprechen.

Kurz, vom mathematischen Standpunkt ist die Fourier'sche Analyse als im Ganzen willkürlich, aber dennoch vor anderen Analysen als empfehlenswerth zu bezeichnen, vom physiologischen Standpunkt ist ihre Richtigkeit äusserst plausibel, vom physikalischen Standpunkt ist ihre Richtigkeit und ausschliessliche Richtigkeit nicht zu bestreiten. Gegenüber diesen mit grosser Sorgfalt erforschten, seit dreissig Jahren bekannten und anerkannten Thatsachen stellt Hermann nun die nackte Bemerkung, dass es widernatürlich sei, aus einer Curve Bestandtheile herauszulesen, die das Auge nicht sieht, andere dagegen zu vernachlässigen, die das Auge sieht.[2]) Auf diesen Einwand muss Jeder mit mir folgende Antwort geben: Erstens sind unsere Gesichtseindrücke für die Gehörwahrnehmungen in keiner Weise maassgebend, und zweitens ist es nicht widernatürlich, Klänge in Bestandtheile zu zerlegen, in die sie sich von selbst trennen, und aus denen sie sich mit Leichtigkeit wieder zusammensetzen. Ich denke zunächst an den eben besprochenen Versuch am Clavier.

Vermittelst Versuchen am Telephon und Mikrophon[3]) hat Hermann beweisen wollen, dass der Vocalklang durch Intensitätsverhältnisse der Theiltöne nicht bedingt werden kann. Bei diesen Versuchen wurde die Amplitudengrösse der Theiltöne nach drei verschiedenen Richtungen hin verändert[4]).

a) die Amplituden wurden proportional den Schwingungszahlen übertragen,

1) Die Hermann'schen Vocaltöne würden, wenn sie überhaupt möglich wären, mit Resonatoren nicht beobachtet werden können (vgl. Hermann, Bemerkungen zur Vocalfrage S. 183).

2) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 188, Bd. 53 S. 35.

3) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 543.

4) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 552.

b) die Amplituden wurden den Schwingungszahlen umgekehrt proportional übertragen,

c) die Amplituden wurden dem Quadrate der Schwingungszahlen proportional übertragen.

Während nun die musikalischen Klänge bei Uebertragungen dieser Art recht stark litten, machte Hermann in Bezug auf die Vocalklänge folgende Erfahrungen (ibid. S. 558):

„Am sichersten unter allen Vocalen erkennbar ist A. Die Vocale E, I, Ae, Oe, Ue werden sehr leicht mit einander verwechselt, dagegen fast niemals mit A, O oder U. O wird mit U leicht verwechselt, fast nie einer dieser Vocale mit A. Die Diphthongen Ai, Oi, Au werden auffallend leicht erkannt, ja leichter als irgend ein Einzelvocal ausser A....... Die Klangfarbe der Sprache und der Vocale wird, wie Jedem bekannt, durch das Telephon und Mikrophon wesentlich verändert; es entsteht je nach dem verwendeten Instrument ein näselnder, quäkender, rauher Charakter. Indess handelt es sich für uns speciell nur um die Charakteristik, d. h. die Erkennbarkeit des Vocales. Die Veränderungen des, wenn man so sagen darf, musikalischen Antheils, den jeder gesprochene oder gesungene Vocal enthält, und der wesentlich vom musikalischen Charakter der individuellen Stimme abhängt, muss natürlich analoge Veränderungen erleiden, wie die Musik, kommt aber für unsere specielle Frage nicht in Betracht."

Auf diese Versuche stützt sich Hermann, wenn er[1]) sagt: es sei „zweifellos, dass das Amplitudenverhältniss der Partialtöne für den Vocalcharakter ohne jede Bedeutung ist". Beim ersten Anblick hat diese Argumentation etwas Verlockendes, aber wer mit den Vocalklängen einigermaassen vertraut ist, wird sich nicht irreführen lassen. Wie aus zahlreichen Vocalanalysen hervorgeht, unterscheiden sich die Vocalklänge von den musikalischen Klängen nicht nur durch die feste Höhe der stärksten Partialtöne, sondern auch darin, dass die Theiltöne überhaupt auf recht enge und scharf begrenzte Gebiete vertheilt sind. Theiltöne, welche ausserhalb dieser Gebiete liegen, sind im Verhältniss zu den verstärkten Tönen der-

1) Ibid. S. 562.

maassen unbedeutend, dass selbst eine sehr arge, den Schwingungszahlen proportionale Umgestaltung der Amplituden unfähig ist, die nicht verstärkten Theiltöne mit den verstärkten in gleiche Reihe zu bringen.

Innerhalb der Verstärkungsgebiete tritt eine Veränderung der Amplitudenverhältnisse ein, aber keine grosse, weil die Gebiete so eng sind, dass der Tonhöhenunterschied zwischen der oberen und der unteren Grenze nicht sehr zu Buch schlägt. Das Intensitätsverhältniss zwischen den verschiedenen Verstärkungsgebieten kann sich allerdings sehr abweichend gestalten, aber ein solcher Wechsel hat für unser Ohr nichts Ungewohntes, indem auch beim gewöhnlichen Singen die Verstärkungsgebiete eine wechselnde Rolle spielen, je nachdem ein Theilton mit dem Centrum des einen oder des anderen zusammenfällt. Am besten wird sich die Frage aufklären, wenn ich hier ein Beispiel gebe; ich wähle eine von meinen A-Curven und zwar diejenige, bei welcher die Amplituden der charakteristischen Theiltöne, in Procentzahlen sämmtlicher Amplituden ausgedrückt, die kleinsten Werthe haben, wo die Verhältnisse also für Hermann's Auffassung am günstigsten liegen. Unter I gebe ich die gemessenen Amplituden, unter Ia dieselben Amplituden multiplicirt mit der Ordnungszahl der bezüglichen Theiltöne, unter Ib die Amplituden dividirt durch die Ordnungszahlen der Theiltöne und schliesslich unter Ic die Amplituden multiplizirt mit dem Quadrate der Theiltöne. Die Summe der Amplituden ist überall = 100 gesetzt worden.

Theiltöne:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	4,5	5,8	2,7	2,7	4,4	14,2	11,9	20,9	17,7	8,8	3,4	3,2
Ia	0,6	1,6	1,1	1,5	3,1	11,9	11,6	23,4	22,3	12,3	5,2	5,4
Ib	22,5	14,5	4,5	3,4	4,4	11,9	8,5	13,1	9,9	4,4	1,5	1,3
Ic	0,1	0,4	0,4	0,7	1,9	8,8	10,0	23,0	24,6	15,1	7,1	7,9

Ich kann nicht finden, dass die durch Hermann's Verfahren bewirkten Störungen der Amplitudenverhältnisse sehr gross waren. Abgesehen von der bei Ib eintretenden Verstärkung der tiefsten Theiltöne, sind in allen Fällen die Theiltöne 6—10 die stärksten, die Lage des Verstärkungsgebietes ist also nur wenig verändert. In keinem Falle sind die Störungen gross genug, um

Verwechselungen mit anderen Vocalen nothwendig zu machen. Wir müssen bedenken, dass es bei den Hermann'schen Versuchen keineswegs auf die Unterscheidung feinerer Vocalnüancen ankam, sondern nur auf das Auseinanderhalten von acht Haupttypen — und dass dennoch Verwechselungen vorkamen.

Bevor ich die bekannten Versuche von König[1]), Dennert[2]) und Hermann[3]) bespreche, welche das Vorhandensein des Grundtones beweisen sollen, auch für diejenigen Fälle, in welchen er als Sinusschwingung nicht vorhanden ist, muss ich einige Bemerkungen über die Empfindung der Klanghöhe vorausschicken. Am verbreitetsten ist wohl die Auffassung, dass der Grundton allein für diese Empfindung maassgebend sei; diese bedarf aber näherer Begründung, wenn sie gebilligt werden soll. In den bekannten Aufsätzen von G. S. Ohm über die Klangwahrnehmung[4]) habe ich vergebens nach einem bestimmten Ausspruch zu Gunsten der herrschenden Auffassung gesucht; dass er eine entgegengesetzte Ansicht gehabt hätte, will ich nicht behaupten, obgleich der ganze Sinn seiner Darstellung darauf hinausgeht, das Uebergewicht des Grundtones für eine Täuschung unseres Ohres zu erklären und die Gleichberechtigung aller Theiltöne zu proclamiren. Helmholtz spricht sich an zwei Stellen über diesen Punkt aus. In seinem Aufsatze „Ueber Combinationstöne"[5]) S. 525 lesen wir Folgendes:

„Wir wissen, dass fast alle unsere Tonwerkzeuge zusammengesetzte Töne erzeugen, in denen der einfache Grundton immer mehr oder weniger stark von gewissen Obertönen begleitet ist, meist aber so, dass der Grundton an Stärke überwiegt. Wir beurtheilen deshalb auch die Höhe des ganzen zusammengesetzten Tones nur nach der Höhe des Grundtons."

---

1) R. König, Ueber den Zusammenklang zweier Töne. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. 157 S. 228—231.

2) H. Dennert, Akustisch-physiologische Untersuchungen. Archiv für Ohrenheilkunde Bd. 24 S. 171.

3) Pflüger's Archiv Bd. 47 S. 386—387, Bd. 48 S. 577, Bd. 56 S. 491—492.

4) G. S. Ohm, Ueber die Definition des Tons, etc. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. 59 S. 513. — Noch ein Paar Worte über die Definition des Tons. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. 62 S. 1.

5) Helmholtz, Ueber Combinationstöne. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. 99 S. 497.

In der Lehre von den Tonempfindungen S. 97 steht:

„In der That ist meistentheils der Grundton stärker als die Obertöne, und man beurtheilt nach ihm allein deshalb auch in der Regel die Tonhöhe des Klanges“.

Wie man sieht, schliesst die spätere Aeusserung Helmholtz' die Betheiligung der Obertöne bei der Hervorbringung unserer Empfindungen von Tonhöhe (besser Klanghöhe) nicht aus. Niemals betrachtet Helmholtz die von ihm angenommene überwiegende Bedeutung des Grundtones für die Abschätzung der Klanghöhe als etwas Selbstverständliches, sondern begründet jedesmal seine Ansicht durch Vorausschickung der Bemerkung, dass der Grundton in der Regel stärker sei, als die Obertöne.

Die logische Richtigkeit der von Helmholtz gemachten Conclusion ist nicht zu bestreiten, und soweit unsere Erfahrungen damals reichten, konnte er auch von keinen anderen Prämissen ausgehen, als er es that. Nunmehr wissen wir aber, dass diejenigen Klänge, welche unser Ohr am häufigsten treffen, die Vocalklänge, oft, ja bei männlichen Stimmen vielleicht in der Regel, nur sehr schwache Grundtöne haben. Da die Vocalklänge wahrscheinlich viel mehr als irgend welche musikalischen Klänge dazu beigetragen haben, die Reihe der harmonischen Theiltöne zu einer einheitlichen Empfindung verschmelzen zu lassen[1]), wäre es sehr überraschend, wenn der Grundton als ein besonders wichtiges Element dieser einheitlichen Empfindung bezeichnet werden müsste. Ich habe mir diese Frage von der Bedeutung des Grundtones für den Gesammtklang schon viele Jahre überlegt und theils an bekannten Erscheinungen, theils durch eigene Versuche geprüft. Ich bin dabei zu folgender Ansicht gekommen:

Ein Klang von der Schwingungszahl n wird empfunden, sowie eine hinreichende Anzahl von Theiltönen vorhanden ist, deren Schwingungszahlen gerade vielfache von n sind. Kein Theilton genügt an und für sich, um eine sichere Höhenempfindung hervorzurufen, und keiner, auch nicht der Grundton, ist zu diesem Zweck unentbehrlich.

---

1) Wegen der Erklärung dieser Verschmelzung siehe Helmholtz, Ueber Combinationstöne. Ann. d. Physik u. Chemie Bd. 99 S. 526.

Die Beweise sind folgende:

a) Die Obertöne tragen zur sicheren Wahrnehmung der Klanghöhe bei. Um diesen Satz zu beweisen, brauche ich nur auf die Mixturregister der Orgel hinzuweisen. Man hat es für zweckmässig gefunden, den Orgelpfeifen künstliche Obertöne beizufügen, um der Gemeinde das reine Singen zu erleichtern. Wenn jemand meinen sollte, dass die Mixturregister nur den Zweck hätten, durch ihre Schwebungen mit den Obertönen der gesungenen Noten die Singenden vor falschen Tönen zu warnen, so muss ich ihn bitten, Töne, welche abwechselnd mit Stimmgabeln und auf einem Clavier angegeben werden, erst dann nachzusingen, wenn der angegebene Ton verklungen ist. Von Schwebungen kann hier nicht die Rede sein, und doch wird er finden, dass der mit einem theiltonreichen Instrument angegebene Klang viel leichter getroffen wird, als der theiltonarme.

b) Die Höhe eines einfachen Tones wird von unserem Ohr nur sehr unsicher geschätzt. Wenn der Grundton allein für die Höhe eines Klanges maassgebend wäre, müsste die Wahrnehmung der Höhe am ungestörtesten vor sich gehen, wo die Obertöne fehlen; wenn meine Ansicht richtig ist, muss die Höhe eines einfachen Tones schwer zu schätzen sein, und zwar muss Unsicherheit in Bezug auf die Octave eintreten, weil der einfache Ton nicht nur als isolirtes Glied der Reihe n, 2n, 3n, ... aufgefasst werden kann, sondern auch in die Reihe $\frac{n}{2}, \frac{2n}{2}, \frac{3n}{2} \dots$ gehört. Die Erfahrung gibt, wie bekannt, letzterer Auffassung ihre volle Bestätigung. Helmholtz weiss darüber vieles Interessante zu berichten. In der Lehre von den Tonempfindungen S. 105—106 lesen wir, dass Henrici die Obertöne der Stimmgabeln um eine Octave zu tief angegeben hat, Tartini wiederum die Differenztöne eine Octave zu hoch.

Dass von Clavierstimmern Stimmgabeln benutzt werden, ist kein Beweis gegen meine Ansicht. Die Stimmgabeln werden benutzt, erstens weil ihre Abstimmung sehr constant ist, und zweitens, weil der Stimmer nicht durch die Schwebungen der Obertöne von der Beobachtung des Grundtones abgelenkt werden will.

c) Der Grundton ist für die Hervorbringung einer sicheren Klanghöhenwahrnehmung entbehrlich. Ich lasse einen beliebigen, an Theiltönen nicht zu armen Klang in ein Clavier hineintönen, während die Dämpfer gehoben sind. Das Clavier antwortet mit einem in jeder Beziehung ähnlichen Klang. Nachher wiederhole ich den Versuch, befreie aber diesmal nur die Saiten vom zweiten Theilton an von ihren Dämpfern, aber alle diejenigen Saiten, welche durch den Grundton des hineintönenden Klanges in Mitschwingung versetzt werden könnten, bleiben gedämpft. In dem Klang, welcher aus dem Clavier wieder heraustönt, muss also der Grundton fehlen; indessen bleibt die Höhe des Klanges intact. Ob der Versuch an jedem Clavier gelingt, weiss ich nicht; ich habe meine Versuche an einem Cabinet-Flügel von Steinway and Sons, New-York, ausgeführt. Bei diesen Versuchen betheiligte sich mein Freund Dr. Ernst Lindelöf, der ein ausgezeichneter Geiger ist und als Mathematiker mit der Theorie der Klänge vollständig vertraut.

Einen ähnlichen Versuch habe ich mit dem Obertöneapparat von Appunn gemacht.[1]) Wenn eine nicht zu spärliche Reihe von Zungen zusammenklingen, hat man den Eindruck eines einheitlichen Klanges, von der Schwingungszahl des Grundtons. Wenn man nun den Grundton abwechselnd tönen lässt und auslöscht, hat dies auf die Höhe des Klanges keinen Einfluss.

Durch Anschlagen von Claviertasten lässt sich der Versuch nicht machen, weil die Stimmung temperiert ist.

Nur in einer Beziehung nimmt der Grundton eine Ausnahmestellung ein. Er wird fast nie ganz fehlen, weil er als Differenzton von jedem beliebigen Paar benachbarter Theiltöne auftritt.

Jetzt sind wir gerüstet, die Versuche von König, Dennert und Hermann (siehe oben) zu besprechen. Bei allen diesen Versuchen handelt es sich um periodische oder annähernd periodische Bewegungen, von der Schwingungszahl n, durch welche der „Ton“ n erzeugt wurde. Wenn ich von annähernd periodischen Schwin-

1) Diesen Apparat stellte mir der Director des physiologischen Instituts in Helsingfors, Herr Prof. K. Hällstén, freundlichst zur Verfügung.

gungen spreche, denke ich an die Versuche von König und Dennert, bei welchen ein Stimmgabelton durch die Löcher einer rotirenden Scheibe geleitet wurde; dabei wird die Luftbewegung nur dann periodisch, wenn die Schwingungszahl der Stimmgabel zu der Unterbrechungszahl in bestimmtem Verhältniss steht. Je grösser der Unterschied zwischen Stimmgabelton und Unterbrechungston, desto leichter tritt ein günstiges Verhältniss ein, ja bei sehr grossen Intervallen wird die Luftbewegung immer annähernd periodisch. König's Darstellung lässt vermuthen, dass der Erfolg oder Misserfolg des Versuches davon abhängt, ob die Abweichungen von der Periodicität klein oder gross sind. Ann. der Phys. u. Ch. Bd. 157 S. 228 schreibt König: „Natürlich wird nicht jeder beliebige Ton bei jeder beliebigen Anzahl Unterbrechungen einen Ton hervorrufen können, welcher dieser Unterbrechungszahl entspricht, sondern es wird ausser der genügenden Stärke und der hinreichenden Anzahl der Intermittenzen auch noch nöthig sein, dass die Lufterschütterungen, welche durch die Oeffnung der Scheibe hindurchdringen, einander gleich seien, und dieses sind sie z. B. nie, wenn die Zahl der Unterbrechungen grösser ist, als die der Doppelschwingungen des Tones. In diesem Falle gehen nämlich entweder mehrere Löcher vor derselben Tonwelle vorbei, so dass immer ein anderer Theil dieser Welle durch jedes hindurchdringen kann, oder es sind doch wenigstens nicht gleiche Theile verschiedener Tonwellen, denen die Oeffnungen den Weg zum Ohre frei machen. Auch wenn die Zahl der Unterbrechungen nur wenig grösser ist, als die der Doppelschwingungen des Tones, finden noch ähnliche Verhältnisse statt, und es wird wohl nöthig sein, dass wenigstens eine ganze Tonwelle durch jede Oeffnung dringe, wenn der Intermittenzton gut vernehmbar werden soll. Am günstigsten aber für seine Hörbarkeit scheint der Fall zu sein, in welchem immer eine ganze Reihe von Tonwellen durch jede Oeffnung dringen kann, d. h. wenn also die Schwingungszahl des Tones sehr beträchtlich grösser ist als die Zahl der Intermittenzen."

In allen diesen Fällen wurde nun ein starker „Ton" von der Schwingungszahl n gehört. Die Richtigkeit der Beobachtungen an sich ist unzweifelhaft; nur liegt, wie ich glaube, eine Verwechselung

zwischen Ton und Klang vor. Die genannten Forscher haben den Klang n gehört, und da sie in der Vorstellung befangen waren, dass für die Erzeugung dieses Klanges der Grundton unentbehrlich sei, mussten sie auf das Vorhandensein desselben schliessen. Ganz wird der Grundton übrigens nicht gefehlt haben, da er als Differenzton von jedem Paar benachbarter Theiltöne auftreten musste.

Hermann hat eine ganz andere Deutung dieser Beobachtung gegeben. Auf Grund derselben hat er den Satz aufgestellt, dass jede beliebige periodische Bewegung von unserem Ohr als ein Ton aufgefasst werde.[1]) Ich muss sagen, dass ich mich nicht entschliessen kann, eine Ausnahme von dem sonst so gut bewährten Ohm'schen Gesetz zu proclamiren, so lange sich die Erscheinungen aus diesem Gesetz ungezwungen erklären lassen, und das ist hier der Fall. Dazu kommt, dass Hermann's Lehre unseren Erfahrungen widerspricht. Hermann hat übersehen, dass überall, wo eine Periode von der Schwingungszahl n vorhanden ist, ebenfalls Perioden von den Schwingungszahlen $\frac{n}{2}, \frac{n}{3} \ldots$ da sind. Nach seinem Gesetze müsste jeder „Ton" von allen seinen Untertönen begleitet sein. Dass diese Untertöne wirklich vorhanden wären, wird Hermann nicht behaupten wollen. Meine Deutung der betreffenden Erscheinungen bleibt von diesem Einwand unberührt. Ein Klang von der Schwingungszahl n kann allerdings ebenso gut aus $\frac{n}{2}$ Doppelschwingungen zusammengestellt werden, aber eine Verwechselung im Bezug auf die Octave ist deshalb nicht zu befürchten. Die tiefere Octave unterscheidet sich von der höheren dadurch, dass in jeder Gegend der Tonscala die Theiltöne doppelt so dicht aneinanderliegen. Bei Klängen mit lauter ungeradzahligen Theiltönen kommt eine eigenthümliche Erscheinung in Betracht. Während bei den vollen Klängen die untere Octave mit der oberen alle zwei Theiltöne gemeinsam hat, haben bei diesen Klängen die verschiedenen Octaven keinen einzigen gemeinschaftlichen Theilton.

Wenn verschiedenartige leere Klänge untereinander oder mit vollen Klängen verglichen werden sollen, stehen allerdings Ver-

1) Vergl. z. B. Pflüger's Archiv Bd. 47 S. 390.

wechselungen der Octaven zu erwarten, sowie meine Deutung als richtig anerkannt wird, aber noch einmal tritt die Erfahrung bestätigend hinzu. In der „Lehre von den Tonempfindungen", S. 105, bemerkt Helmholtz, dass die Vergleichung der Tonhöhe von Klängen verschiedener Klangfarbe oft recht schwer wird, indem man sich leicht um eine Octave irrt, und S. 106 wird zur Erhärtung dieser Ansicht beigefügt, dass Zamminer[1]) diese Schwierigkeit als bekannt unter den Musikern erwähnt.

Es ist recht interessant, dass schon der erste Einwand, welcher gegen Ohm's Gesetz gemacht wurde, auf einer Verwechselung zwischen Grundton und Gesammtklang beruhte. Seebeck[2]) fand es mit Ohm's Lehre unvereinbar, dass die Obertöne an sich nur schwach gehört wurden, dagegen eine Verstärkung des Grundtons bewirkten. Wenn Seebeck seine Beobachtung etwas anders formulirt hätte, wenn er gesagt hätte, dass jeder Theilton für sich nur undeutlich gehört wird, während alle dazu dienen, den Gesammtklang zu verstärken, so wäre er nie darauf verfallen, Ohm zu widersprechen. Eine einfache Beobachtung zeigt, dass es sich bei den oben besprochenen „Unterbrechungstönen" von König, Dennert und Hermann ebenfalls um eine Verwechselung zwischen Grundton und Gesammtklang handelt. Wenn der „Unterbrechungston" mit dem Grundton identisch ist, muss er am undeutlichsten gehört werden, wo zahlreiche Obertöne vorhanden sind, am deutlichsten, wo die Obertöne spärlich sind. Wenn der „Unterbrechungston", wie ich glaube, nichts als der Gesammtklang ist, kann Reichthum an Theiltönen ihn nur deutlicher hervortreten lassen. Versuche an Zahnrädern, die unten beschrieben werden sollen, haben gezeigt, dass Letzteres der Fall ist.

Meine Versuche wurden im Anschluss an Hermann's „Beiträge zur Lehre von der Klangwahrnehmung"[3]) gemacht.

Hermann hat Zahnräder von verschiedenen Typen anfertigen lassen. In einigen Fällen machte die Wellenphase in regelmässigen

1) Zamminer, Die Musik und die musikalischen Instrumente S. 111. (Von mir nicht eingesehen.)

2) August Seebeck, Ueber die Sirene. Annalen der Physik u. Chemie Bd. 60 S. 449.

3) Pflüger's Archiv Bd. 56 S. 467.

Zwischenräumen einen Sprung von 180° (Typus A_3). Manchmal wird an der Stelle, wo der Phasenwechsel stattfindet, entweder ein Wellenthal ausgefüllt (A_1) oder ein Berg entfernt (A_2), so dass die Bewegung hier eine geradlinige wird. Bei dem Typus B wird die Wellenbewegung ebenfalls durch geradlinige Strecken unterbrochen, aber hier hat die Welle nach der Unterbrechung dieselbe Phase, die ihr bei regelmässiger Bewegung zukommen würde. Die Unterbrechungen sind bei dem B-Typus entweder abwechselnd kürzer und länger, oder auch ist die Anzahl der dazwischen liegenden Wellen abwechselnd grösser und kleiner. Die Länge der Wellen war $^1/_{180}$ der Peripherie; die Anzahl der Unterbrechungen war 24. Ein Rad von dem Typus C unterscheidet sich von A_2 nur dadurch, dass die Wellenlänge $^1/_{90}$ der Peripherie war, und die Anzahl der Unterbrechungen 20.

Die Scheiben wurden beim Rotiren durch Cartonblättchen oder dütenförmig gestaltete Papierblätter angesprochen. Bei diesen Versuchen hat Hermann Folgendes beobachtet:

1. Einen Unterbrechungston, welcher bei A und C der Anzahl von Unterbrechungen resp. Phasensprüngen entspricht, aber bei B um einen halben Ton tiefer war als bei A.

2. In allen Fällen einen Ton, dessen Schwingungszahl durch die Abstände der regelmässig aneinander gereihten Zähne bedingt war.

Diese Resultate widersprechen zum Theil dem Ohm'schen Gesetze, zum Theil auch dem von Hermann vertretenen Standpunkte.

1. Infolge der abwechselnden Länge, resp. der abwechselnden Abstände der Unterbrechungen, zerfällt der Scheibenumkreis bei dem Typus B in 12 Perioden (bei A 24). Der „Unterbrechungston“ hätte hier also um eine Octave tiefer sein müssen, als bei den Scheiben vom A-Typus. Hermann hat, wie gesagt, einen viel höheren „Unterbrechungston“ gehört.

2. Der Zahnton verhält sich bei den A- und C-Scheiben unharmonisch zu der vorhandenen Wellenperiode, müsste also nach Ohm's Gesetz nicht gehört werden. Bei den B-Scheiben entspricht jeder Zahn genau $^1/_{15}$ der Periode und der bezügliche Ton muss also auch nach diesem Gesetz gehört werden.

Die Widersprüche zwischen den Beobachtungen Hermann's und jeder bis jetzt aufgestellten Theorie (auch seiner eigenen) sind uns eine Mahnung zur Prüfung, ob nicht irgendwo Fehler untergelaufen sein mögen.

Der erste Zweifel, der sich uns aufdrängt, ist folgender: Wird der Luft wirklich dieselbe Bewegung mitgetheilt, die wir am Rande des Zahnrades sehen? Meine Zweifel in dieser Beziehung sind älter als meine Bekanntschaft mit Hermann's Versuchen. Gelegentlich einiger Experimente über die Hörschärfe in verschiedenen Tonlagen habe ich mit derartigen Bewegungsübertragungen recht traurige Erfahrungen gemacht. Mit Hilfe eines eigens zu diesem Zwecke erfundenen und für das hiesige Institut verfertigten Apparates war die Herstellung eines Rades mit 96 nicht sehr steilen und doch recht correcten Sinuswellen geglückt. Nun sollten die Variationen der Tonstärke bei wechselnder Rotationsgeschwindigkeit beobachtet werden, aber das ganze Unternehmen scheiterte an der Unmöglichkeit einer correcten Uebertragung. Die Berührung mit Cartonblättern (Spielkarten) wurde auch versucht, obgleich wir, offen gestanden, bei dieser Art Uebertragung nie einen Erfolg erwarteten. Der vom Kartenblatt erzeugte Schall war in der That alles andere, nur nicht ein einfacher Ton.

Bei diesen Versuchen wurde dem Kartenblatt doch nicht gar zu viel zugemuthet. Die Curve am Scheibenrand war ziemlich flach[1]) und vollkommen continuirlich. Ob die Hermann'schen Curven steil sind, weiss ich nicht, da seine Abbildungen nur schematisch sind; die grosse Anzahl von Zacken lässt auf recht steile Curven schliessen. Jedenfalls zeichnen sie sich durch scharfe Discontinuitäten aus, welche die Fügsamkeit des Cartonblättchens auf eine schwere Probe stellen. Wenn nun bei meinen Versuchen, wo die Verhältnisse viel günstiger lagen, das Resultat vieles zu wünschen übrig liess, muss in dem Falle Hermann's der Erfolg der Uebertragung a fortiori bezweifelt werden. Das wenigste, was wir verlangen können, bevor wir diesen Versuchen unser Zutrauen schenken, ist eine vom Cartonblättchen selbst registrirte Curve, welche mit der am Scheibenkreis einigermaassen übereinstimmt. In Anbetracht der

1) Wellenlänge 5,6 mm, Amplitude 0,5 mm.

Wichtigkeit der Fragen, die Hermann durch seine Versuche hat aufklären wollen, beschloss ich, jedenfalls mir von dem Eindruck, welchen Curven dieser Art auf unser Ohr machen, directe Erfahrungen zu verschaffen. Herr Prof. Hensen hat mir freundlichst erlaubt, für das hiesige Institut zwei Räder herstellen zu lassen, eins vom *A*-Typus und eins von der Gruppe *B*. Bei der Herstellung der Räder kam der vorher erwähnte Apparat, welcher an der Peripherie eines Kreises Sinuswellen mechanisch aufzeichnet, sehr zu statten. Nach den mit diesem Apparat gezeichneten Wellen konnte die nöthige Fraise gemacht und der richtige Radius gefunden werden.

Sowohl die Räder selbst als auch der Sinuswellenapparat wurden vom Mechaniker des Instituts, Herrn Ad. Zwickert, in sehr geschickter Weise ausgeführt.

Obgleich die Räder streng nach den Principien der *A*- und *B*-Typen[1]) hergestellt wurden, habe ich keines von den gegebenen Mustern direct abgebildet. Das höchst unerwartete Resultat im Bezug auf den dominirenden Ton (Klang) bei den *B*-Rädern konnte zum Theil davon abhängen, dass die Hauptperiode in zwei nahezu gleiche Unterabtheilungen zerfiel. Bei dem *B*-Rad des hiesigen Instituts wurde deshalb die Ungleichheit der Unterabtheilungen deutlicher gemacht. Die Periode ist folgendermaassen zusammengesetzt: 5 Sinuswellen — eine gerade Linie von der Länge einer Welle — 8 Sinuswellen — eine gerade Linie von besagter Länge. Der ganze Kreis umfasst 6 solche Perioden. Jede Sinuswelle bildet also $^1/_{15}$ der Periode und $^1/_{90}$ des Umkreises. Bei dem *A*-Rad wollte ich, um die Uebertragung auf das Kartenblatt möglichst zu erleichtern, die plötzlichen Umkehrungen der Bewegungsrichtung vermeiden. Die Periode setzt sich aus 5 Sinuswellen und einer $2^1/_2$ Wellen langen geraden Linie zusammen. Hier theilte sich der ganze Umkreis in 12 Perioden; jede von den Sinuswellen betrug wie beim *B*-Rad $^1/_{90}$ der Peripherie.

Die beiden Räder wurden sammt dem vorher besprochenen Rad mit 96 Sinuswellen auf eine Achse gesetzt. Die Rotation wurde mittels des grossen Electromotors des Instituts bewirkt. Beim

1) *A*-Typus — Unterbrechungen mit Phasensprüngen. *B*-Typus — Unterbrechungen ohne Phasensprünge.

Ansetzen eines Kartenblattes gegen die Ränder der Räder wurden folgende Beobachtungen gemacht:

1. Bei *A* entspricht die Höhe des Gesammtklanges genau den 12 Unterbrechungen pro Umdrehung.

2. Bei *B* ist der Gesammtklang eine Octave tiefer als bei *A*, entsprechend der doppelten Länge der Periode. Dies tritt am besten hervor, wenn man die Sirene immer rascher und rascher laufen lässt und dabei die Räder *A* und *B* abwechselnd berührt.

3. Bei *B* tritt der Eindruck des Gesammtklanges gegenüber dem Alles dominirenden 15. Theilton (90 Schwingungen pro Umdrehung) sehr zurück. Bei *A* dominirt der Gesammtklang, löst sich aber bei einiger Aufmerksamkeit in eine Reihe von harmonischen Theiltönen auf, von denen der siebente (84 Schwingungen pro Umdrehung) ganz besonders deutlich hervortritt. Abgesehen davon, dass der siebente Theilton viel zu charakteristisch ist, um sich verkennen zu lassen, habe ich mich auch anderweitig davon überzeugt, dass wir es hier mit dem Ton von 84 Schwingungen pro Umdrehung zu thun haben, nicht mit dem von 90 Schwingungen, der zum Klange unharmonisch wäre. Wenn ich die drei Räder der Reihe nach berühre, erst das mit 96 Sinuswellen, dann das *B*-Rad mit dem starken Theilton von 90 Wellen pro Umdrehung und schliesslich das *A*-Rad, höre ich ungemein deutlich die absteigende chromatische Scala c, h, ais. Ich habe diesen Versuch zu oft wiederholt, um mich irren zu können, und ich habe denselben mehreren Personen mit feinem musikalischem Gehör vorgeführt. Herr Prof. Hensen, Herr Dr. Klein und Herr Musikdirektor Keller können mir die Richtigkeit der Beobachtung bestätigen. Auch andere harmonische Theiltöne sind sicher da; den tieferen habe ich wenig Aufmerksamkeit gewidmet, weil sie von dem unharmonischen Ton, der nach Hermann gehört werden müsste, zu weit abliegen. Dagegen habe ich den nächst höheren harmonischen Theilton beobachten wollen, obgleich es bei jedem Klang fast ebenso schwierig ist, den achten Theilton zu hören, wie es leicht ist, den siebenten zu erkennen.[1]) Ich glaube ihn in der That mehrfach gehört zu haben, und Herr

---

1) Vergl. Felix Auerbach, Zur Grassmann'schen Vocaltheorie. Annal. d. Physik u. Chemie N. F. Bd. 4 S. 510, 1878.

Keller gab mir die Versicherung, dass er da sei. Von der Existenz eines unharmonischen Tones von 90 Schwingungen pro Umdrehung habe ich mich nicht überzeugen können. Hermann sagt, dass der Ton beim langsamen Umdrehen oder beim Auslaufen der Sirene ganz deutlich hervortritt. Dass der Gesammteindruck erlischt, und die hohen Töne isolirt auftreten, nur von einem unangenehmen Knarren begleitet, ist sicher; zu beachten ist aber, dass bei langsamer Rotation — und ganz besonders beim Auslaufen der Sirene — die Umdrehung nicht mehr gleichmässig vor sich geht. Infolgedessen wird erstens die Periodicität der Luftvibrationen mangelhaft — was die Natur des Problems gänzlich verändert — und zweitens wird, bei den Schwankungen der Tonhöhen, die genaue Feststellung derselben zu grosse Schwierigkeiten bieten.

Ich behaupte natürlich keineswegs, dass Hermann sich verhört hätte, wenn er auch beim schnellen Umdrehen den unharmonischen Zahnton beobachtete. Ich habe nur zeigen wollen, erstens, dass die Uebertragung der Wellenbewegung auf die Luft eine sehr mangelhafte ist, und zweitens, dass, sowie man durch zweckmässige Anordnungen die Schwierigkeiten der Uebertragung ermässigt, auch die von Hermann zusammengestellte Wellenbewegung A, in welcher das Auge deutlich unharmonische Bestandtheile erkennt, vom Ohr in harmonische Bestandtheile zerlegt wird. Voraussetzung ist natürlich, dass man durch hinreichende Schnelligkeit und dadurch bedingte Gleichmässigkeit der Bewegung für ausreichende Genauigkeit der Periodicität sorgt.

Als Nebenproduct bei diesen Versuchen ergab sich die interessante Beobachtung, dass der „Unterbrechungston" bei dem an Theiltönen reichen Klang des A-Rades ungemein deutlich war, bei dem theiltonarmen Klang des B-Rades sehr zurücktrat. Wie ich schon vorhin bemerkte, ist dies eine wichtige Bestätigung der von mir ausgesprochenen Ansicht, dass der „Unterbrechungston" nichts Anderes ist, als der Totaleindruck des Klanges, zu dessen sicherer Wahrnehmung eine einigermaassen geschlossene Reihe von Theiltönen nöthig ist. Wo diese Bedingung fehlt, haben die Theiltöne eine ausgesprochene Neigung, einzeln gehört zu werden, und der „Unterbrechungston" tritt zurück.

Es würde mir äusserst lieb sein, wenn andere Forscher sich die Mühe geben möchten, meine Beobachtungen zu controliren.[1]) Wie die Controle auch ausfallen mag, wird der Leser mir zugeben wollen, dass ich mir alle Mühe gegeben habe, um Hermann's Beobachtungen zu prüfen, und dass die Resultate dieser Prüfung mich berechtigen, vorläufig von den Lehren abzusehen, welche Hermann durch die betreffenden Versuche hat begründen wollen.

Hermann[2]) hat auch die Versuche von Pfaundler[3]) als ein Argument gegen die Resonanztheorie des Hörens benützt. Pfaundler selbst hat diese Theorie gar nicht angreifen wollen, und diejenigen Momente seiner Untersuchungen, welche Hermann wohl zu Gunsten seiner Auffassung citiren möchte, sind deshalb gar nicht auf die Möglichkeit der Hermann'schen Deutung näher geprüft worden. Meistens handelt es sich um periodische Bewegungen, welche den von Pfaundler gehörten Ton als Theilton enthalten müssen. Bei den in freier Natur gehörten Baumgarten'schen Reflexionstönen[4]) haben wir es mit nichtperiodischen Bewegungen zu thun, denen mit grosser Wahrscheinlichkeit die dem gehörten Tone entsprechende Sinusbewegung als Bestandtheil zugesprochen werden kann.

Den von Hermann in diesem Zusammenhange (ohne Titelangabe) citirten Aufsatz von Kohlrausch habe ich nicht finden können. Auf der für diesen Aufsatz angegebenen Seite 591 der Annalen für Phys. und Ch., Bd. 6, 1879 theilt uns F. Auerbach einige Notizen über das Pfaundler'sche Thema mit; von Opposition gegen die Theorie der Klanganalyse auf Grund dieser Mittheilungen kann nicht die Rede sein.

Ob die Combinationstöne und die Stosstöne einen Einwand gegen die Lehre von der Klanganalyse des Ohres bilden, darüber habe ich kein sicheres Urtheil. Mein Standpunkt zu dieser Frage ist folgender. Ich glaube, dass wir uns sehr hüten müssen,

1) Die nöthigen Räder liefert Hr. Zwickert zu billigen Preisen.

2) Pflüger's Archiv Bd. 53 S. 36.

3) Pfaundler, Ueber die geringste Anzahl von Schallimpulsen, welche zur Hervorbringung eines Tones nöthig ist. Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. der Wissensch. Bd. 76 Abth. 2 S. 561.

4) Vergl. Pfaundler, a. a. O. S. 569.

Erscheinungen, über deren Natur noch gestritten wird, als Widersprüche gegen eine Hypothese zu bezeichnen, die sich in tausenden von Fällen bewährt hat und sich als äusserst fruchtbar erwies. Nicht selten haben sich vermuthete Widersprüche bei näherer Betrachtung als glänzende Bestätigungen herausgestellt. So hat Hermann die „Unterbrechungstöne“ als Beweismittel gegen die Klanganalyse gebraucht, während sie in der That diese Lehre auf's kräftigste unterstützen.

Die Herstellung und Ausmessung der Vocalcurven geschah wesentlich nach derselben Methode, die bei meinen früheren Arbeiten zur Anwendung kam. Die Curven der Serie I und diejenigen ohne Serienbezeichnung habe ich in meiner Heimat mit dem mir gehörenden Exemplar des Sprachzeichners hergestellt. Ich möchte bei dieser Gelegenheit Herrn Prof. Hällstén in Helsingfors meinen Dank aussprechen für die freundliche Bereitwilligkeit, mit der er mir verschiedene Hilfsmittel bei der Arbeit (Mikroskop mit Schlittenvorrichtung, stark vergrössernde Linsen) zur Verfügung stellte und zum Theil neu anschaffte. Die Curven von der Serie III sind im Kieler Physiologischen Institut hergestellt worden. Ich sah mich nämlich bald genöthigt, einen grossen Theil meines Curvenmaterials zu erneuern, indem es sich zeigte, dass bei der Herstellung der früheren Serien die Controlstimmgabel des Sprachzeichners bisweilen so stark angeschlagen worden war, dass sie die Schwingungen der Membran beeinflusst hatte.

Um ganz sicher zu gehen, habe ich dann die Stimmgabel des Sprachzeichners abgenommen und die Tonhöhe der hineingesungenen Klänge nach König'schen Stimmgabeln jedesmal bestimmt und notirt. Ich brauche wohl nicht zu sagen, dass ich diese Stimmgabeln in gehöriger Entfernung vom Sprachzeichner ertönen liess. In dieser Weise wurden die zahlreichen Curven der Serie III (94 Analysen) hergestellt.

Ich möchte bei dieser Gelegenheit betonen, dass Hensen die Gefahr, welche der Einfluss der Stimmgabel unter Umständen bieten kann, keineswegs übersehen hat. Aber da dieser Einfluss in den Pausen zwischen gesprochenen Worten sich nicht zu erkennen gab, musste er sich natürlich dabei beruhigen lassen. Die Stimm-

gabel an meinem Exemplar ist etwas massiver und höher gestimmt als die früher benützten, aber es scheint ausserdem, dass die ruhende Membran weniger empfindlich ist, als die durch einen starken Klang in Bewegung gesetzte. Eine Analogie bietet die oft beobachtete günstige Einwirkung starken Lärms auf die Hörfähigkeit der Schwerhörigen. Von den früher von mir analysirten Curven werden die Ä- und Ö-Curven, welche keine sehr gute Uebereinstimmung unter einander zeigten, zum Theil durch die Stimmgabel beeinflusst gewesen sein. Die unten mitgetheilten, ohne daneben tönende Stimmgabel hergestellten Ä- und Ö-Curven geben ein sehr befriedigendes Resultat.

Für die Ausmessung der Curven habe ich verschiedene Methoden versucht, und zwar alle mit gutem Erfolg. Bald wurden sowohl Abscissen als Ordinaten mit den Schrauben des früher beschriebenen Objectivmikrometers[1]) gemessen, bald nur die Abscissen, während die Ordinaten mittels eines feinen Ocularmikrometers abgelesen wurden. Schliesslich habe ich bei einer Reihe von Messungen sowohl Abscissen als Ordinaten im Ocular abgelesen, wobei ich zuerst ein Mikrometer mit Scaleneintheilung in beiden Achsenrichtungen benützte, nachher aber ein vollständiges Quadratnetz.[2]) Da die ganze Wellenlänge nie auf einmal im Gesichtsfeld lag, wurde, wo die Abscissen mit Ocularmikrometer gemessen werden sollten, eine Reihe von parallelen Querstrichen in der Ordinatenrichtung gezogen, und die Entfernung dieser Querstriche von einander, sowie vom Anfang und Ende der Vocalwelle durch wiederholte Messungen bestimmt, so dass ich einen sicheren Ausgangspunkt für die Ablesung der Abscissen hatte, auch wo nur ein kleiner Abschnitt der Welle im Gesichtsfelde lag. Auch eine mit der Indifferenzlinie der Curve parallele Linie wurde oft gezogen, um als Correction etwaiger Verschiebungen der Platte in der Ordinatenrichtung zu dienen. Indessen wurden solche Correctionen recht selten gemacht, da die Schlittenführung des Objectivmikrometers ungemein sicher ist. Wo keine solche Linie vorhanden war, zeigte natürlich die Uebereinstimmung oder Nichtübereinstimmung der Ordinate y_n mit y_0, ob eine Verschiebung stattgefunden hatte oder nicht.

---

1) Diese Zeitschr. Bd. 27 S. 23.

2) Lahr hat bei seinen Messungen auch ein Quadratnetz angewandt.

Von den verschiedenen Messungsarten scheint die mit dem Quadratnetz die besten Resultate gegeben zu haben. Sie bietet den Vortheil, dass eine ganze Reihe von Ordinatenmessungen nacheinander gemacht werden können, ohne dass die Platte weiterbewegt zu werden braucht, wodurch sowohl Zeitgewinn, als auch, wie ich glaube, grössere Genauigkeit erreicht wird.

Auch wo die Ablesungen mittels Ocularmikrometers gemacht werden, ist das Schraubenobjectivmikrometer ein unentbehrliches Hilfsmittel. Es dient zur Weiterbewegung der Platte während der Messung, und ohne dasselbe ist Aufzeichnung der nöthigen Hilfslinien nicht möglich. Diese Hilfslinien werden so gezeichnet, dass ein am Mikroskop befestigter, konisch geschliffener Diamant, dessen Druck auf die Glasplatte durch ein bewegliches Gewicht regulirt wird, auf die betreffende Stelle der Platte herabgesenkt wird, wonach die Platte durch Umdrehung der einen oder der anderen Schraube des Mikrometers nach Belieben in der Abscissen- oder in der Ordinatenrichtung fortbewegt wird. In dieser Weise habe ich auch die feinen Ocularmikrometer und das Ocular-Quadratnetz hergestellt. Zuerst ritzte ich die Skalen in Deckgläser ein, nachher wegen der Zerbrechlichkeit der Deckgläser in planparallele Glasplatten von ca. 1 mm Dicke.

Bei den Messungen habe ich verschiedene Vergrösserungssysteme gebraucht. Die Curven ohne Serienbezeichnung habe ich schon in meiner Heimat gemessen und zwar mit Zeiss' Objectiv F, Ocular II; das Objectiv war indessen nicht für Anwendung ohne Deckglas corrigirt. Bei den übrigen Messungen gebrauchte ich zwei verschiedene Exemplare von Leitz' System 9, beide für Gebrauch ohne Deckglas corrigirt. Mit diesen Objectiven combinirte ich zuerst das Ocular Zeiss III, nachher habe ich mir die Leitz'schen Oculare III und IV angeschafft. Am günstigsten fand ich die Combination Leitz, Objectiv 9, Ocular IV. Die starke (1100-fache) Vergrösserung macht die Ablesung bequemer, und das Bild der ungemein feinen Diamantcurven verliert dabei sehr wenig an Schärfe.

Hermann hat das Vertrauen zu der Genauigkeit meiner Messungen durch die Bemerkung zu erschüttern versucht, dass meine Curven „zum Theil nur eine Höhe von 0,006 mm haben“.

Hermann's Angabe im Bezug auf die Höhe meiner Curven ist strenge richtig — ich hatte in der That eine Curve gemessen, die nur 0,006 mm hoch war. Trotz der Wahrheit der Worte Hermann's wird dem Leser seiner „Bemerkungen" eine ganz verkehrte Vorstellung von der Genauigkeit meiner Analysen unterbreitet. Hermann hat vergessen zu sagen, dass schon die zweitniedrigste Curve die doppelte Höhe hatte, und die Curven durchschnittlich beinahe fünfmal so hoch waren.[1]) Und was schlimmer ist, Hermann verschweigt, dass ich bei jeder einzelnen Analyse die wahrscheinlichen Fehler berechnet habe, und dass die gefundenen Fehler nicht nur einen ausserordentlich geringen absoluten Werth[2]) hatten, sondern auch, in Procentzahlen der Curvenhöhen ausgedrückt, unbedeutend waren. Hermann übersieht, dass ich durch die von mir ausgeführten Fehlerrechnungen die Genauigkeit meiner Messungen viel sorgfältiger geprüft hatte, als irgend ein anderer Forscher auf diesem Gebiet. Die Analyse zweier Wellen derselben Curve, die Hermann in diesem Zusammenhang von mir verlangt, ist zweifellos sehr erwünscht; wie schwer man aber zu so eingehenden Versuchen Zeit findet, geht daraus hervor, dass Hermann selbst noch nicht dazu gekommen ist. Ich habe es indessen, wie schon oben bemerkt wurde, bei den hier zu besprechenden Versuchen fast regelmässig gethan, und es hat sich gezeigt, dass es nicht möglich ist, an der Genauigkeit meiner Analysen zu zweifeln, selbst wenn man, wie Hermann, den Ergebnissen der Fehlerrechnung gegenüber die Augen verschliesst.

Die unten in der Tabelle I gegebenen Partialamplituden sind (mit einer Ausnahme) nicht direct gefunden worden, sondern es sind diese Zahlen das arithmetische Mittel der durch Analyse zweier (oder mehrerer) Wellen gefundenen Werthe. Um den Einfluss der Variationen der Tonstärke möglichst zu beseitigen, habe ich vor der Berechnung der Mittelzahlen die Summe der Partialamplituden gleich 100 gesetzt. Die durchschnittliche Abweichung zwischen den direct berechneten, auf Procentzahlen des Gesammtklanges reducirten Partialamplituden und den

1) 0,028 mm.

2) Ausnahmen bildeten nur meine ersten Messungsversuche.

hier gegebenen Mittelzahlen beträgt 0,5. Die durchschnittliche Abweichung der Phasen beträgt bei den von der Stimmgabel des Sprachzeichners nicht beeinflussten Curven

für Töne mit der Amplitude	10—100 %	$\pm$ 2°
„ „ „ „ „	5—10 %	$\pm$ 4° 30′
„ „ „ „ „	2—5 %	$\pm$ 14° 30′.

Wir müssen hier bedenken, wie viele Umstände dazu beitragen, Abweichungen der Resultate zu bewirken. Jede Schwankung des allerdings sehr solide gebauten Schreibapparates muss auch der Curve eine Wellenbewegung hinzuaddieren, die natürlich in verschiedenen Gegenden der Curve verschieden ausfallen kann und unter Umständen die genaue Feststellung der Wellenlänge erschwert. Jede Veränderung der Klangstärke innerhalb einer gemessenen Welle beeinträchtigt die Richtigkeit der Analyse. Bei den nicht ganz kleinen Abständen zwischen den gemessenen Wellen waren Schwankungen der Tonhöhe und Mundstellung sicherlich nicht ganz zu vermeiden, und es ist klar, dass solche Schwankungen in Variationen der Partialamplituden und der Phasen einen Ausdruck finden mussten. Alle diese schädlichen Faktoren haben nun mit den Fehlern der Messung[1]) zusammenwirken müssen, um die oben angegebenen kleinen Abweichungen herbeizuführen.

Bei der Bestimmung der Abweichungen der Phasen untereinander ist eine Schwierigkeit zu berücksichtigen, in Folge deren die gefundenen Werthe nicht absolut richtig sind. Bei der Vergleichung zweier Wellen habe ich immer die Abweichung bei irgend einem starken Theilton gleich 0° gesetzt. Da indessen diese Abweichung nie genau gleich Null sein kann, werden dadurch die Phasen aller übrigen Töne in einer für ihre gegenseitige Uebereinstimmung bald nachtheiligen, bald günstigen Weise durcheinander geschoben. Wenn z. B. die wahre Abweichung beim Grundton $\pm$ 1° ist, beim 8 Theilton $\pm$ 2° resp. $\mp$ 2°, und wir setzen die Abweichung des Grundtones gleich 0°, so ergibt sich für den 8. Theilton die Abweichung $\mp$ 6° resp. $\mp$ 10°. Wenn wir dagegen die Abweichungen beim 8. Ton gleich 0 setzen, stellen sich die

1) Näheres über die wahrscheinlichen Messungsfehler werde ich später veröffentlichen.

Abweichungen bei diesen beiden Tönen durchschnittlich zu klein, für die Töne in der Umgegend des achten und für die noch höheren erhält man aber viel zu grosse Abweichungen. Im Ganzen empfiehlt es sich, von einem der höheren Theiltöne auszugehen, wo diese nicht zu schwach sind. Zwei Töne mit gleicher Amplitude haben, in Graden ausgedrückt, denselben wahrscheinlichen Fehler der Phase, aber da die Grade des höheren Tones kleinere Abschnitte der Wellenlänge bezeichnen, als diejenigen des tieferen Tones, ist die Bestimmung der Lage des Nullpunktes bei dem höheren Tone sicherer als bei dem tiefen.

Ein selbständiges Urtheil über die Variationen der Phasen wird sich jeder bilden können, sobald die vollständige Veröffentlichung meiner Zahlenreihen vorliegt. Ich schliesse aus meinen Resultaten, dass bei den gesungenen Vocalen die Periodicität der Wellen nur durch Schwankungen der Tonstärke, der Tonhöhe und der Mundstellung beeinträchtigt werden kann, und dass der Einfluss dieser störenden Elemente im Ganzen ein sehr kleiner ist. Bei den gesprochenen Vocalen ist die Variabilität der Wellenform vor allem durch den raschen Tonhöhenwechsel bedingt. Bei den Uebergängen zwischen einem Vocal und den benachbarten Lauten muss wohl auch die Mundstellung sich continuirlich ändern, aber die Analysen von gesprochenen Vocalen, die ich bis jetzt gemacht habe, deuten darauf hin, dass man die Dauer dieser Uebergänge oder „Glides", wie sie von den englischen Phonetikern genannt werden, etwas überschätzt hat. Es scheint, dass die Mundhöhle beim Aussprechen der langen Vocale (kurze habe ich noch nicht analysirt) eine Zeitlang dieselbe Abstimmung behält. Allerdings habe ich beim Hineinsprechen in den Apparat etwas langsamer gesprochen als gewöhnlich, und es könnte sein, dass beim schnellen Sprechen die „Glides" einen grösseren Bruchtheil der Aussprachezeit in Anspruch nehmen.

Bei der Analyse der gesprochenen Vocale ist es natürlich absolut nothwendig, die Stimmgabel neben der Vocalcurve schreiben zu lassen, weil die Tonhöhe sonst nicht festzustellen ist. Die Analysen von gesprochenen Vocalen hatte ich gemacht, bevor ich den unter Umständen auftretenden Einfluss der Stimmgabel entdeckte. Das übrige Material von gesprochenen Vocalen habe ich, um möglichst

vorsichtig zu sein, ad acta gelegt, hoffe aber, dasselbe erneuern zu können, sowie ich die nöthigen Vorrichtungen habe, um die Stimmgabel mit Electricität in ganz schwache aber andauernde Schwingungen zu versetzen. Die einfach angeschlagene Stimmgabel tönt in Folge der Reibung des Diamants gegen die Glasplatte sehr rasch aus, wenn der erste Anstoss nicht sehr kräftig war.

Wie ich in jedem besonderen Fall aus der Amplitude der Theiltöne die charakteristische Tonhöhe bestimmt habe, geht aus der Einzelbesprechung der Vocale hervor; meistens liess ich den stärksten oder die beiden stärksten Theiltöne eines Gebietes über die Lage des Centrums entscheiden. In einigen Fällen habe ich die von Hermann benutzte Schwerpunktsconstruction praktisch gefunden, nur mit der meiner Ansicht nach nöthigen Correction, die ich schon in dem Nachtrag zu meinem Aufsatze „Zur Klangfarbe der gesungenen Vocale" gegeben habe.[1]) Hermann beschreibt seine Methode folgendermaassen[2]): „Wir denken uns die Reihe der Obertöne als äquidistante Punkte auf einer geraden Linie, verlegen in jeden dieser Punkte eine Masse, deren Grösse der Amplitude des betr. Partialtones entspricht, und suchen den gemeinsamen Schwerpunkt dieser Massen. Dies geschieht einfach dadurch, dass wir die Amplitude mit ihrer Ordnungszahl multipliciren und die Summe dieser Producte durch die Summe der Amplituden selbst dividiren."

Ohne die Methode im übrigen angreifen zu wollen, habe ich betont, dass die betreffenden Punkte nicht als äquidistant betrachtet werden dürfen, weil die Intervalle zwischen den Theiltönen nach oben zu abnehmen. Hermann scheint meine Correction sehr übel genommen zu haben und behauptet[3]), ich hätte übersehen, dass er von Schwingungszahlen redet, mit Schwingungszahlen rechnet und Schwingungszahlen ausrechnet. „Die Schwingungszahlen der harmonischen Partialtöne", setzt Hermann fort, „sind aber genau äquidistant, Pipping's Einwand also ganz unberechtigt."

Ich habe keinen Augenblick übersehen, dass Hermann mit Schwingungszahlen rechnet, noch weniger, dass die Theiltöne, wenn

---

1) Zeitschr. f. Biol. Bd. 27 N. F. Bd. 9 S. 436—437.
2) Pflüger's Archiv Bd. 47 S. 358.
3) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 188.

man überhaupt so rechnen darf, äquidistant sind. Was ich Hermann vorgeworfen habe, ist eben, dass er mit Schwingungszahlen rechnet, wo es sich um Intervalle handelt. Die Hermann'sche Rechnung setzt voraus, dass der Schwerpunkt vom Grundton und der gleichstarken Duodecime auf die Octave fällt, oder anders ausgedrückt, ein Resonanzton c' müsste auf die Unteroctave c eine ebenso starke Wirkung ausüben wie auf den nur um eine Quinte von ihm entfernten Ton g', bloss weil die Differenz der Schwingungszahlen nach beiden Richtungen hin dieselbe ist. In solche Gefahren geräth man, wenn man hier nach den Schwingungszahlen geht. Sowie man aber statt mit den Schwingungszahlen mit deren Logarithmen rechnet, ist die Schwerpunktsconstruction richtig. Natürlich muss man dabei jedes Verstärkungsgebiet für sich nehmen, wie Hermann es auch thut.

Es wurden in der Regel 48 Ordinaten gemessen, ausnahmsweise, bei Curven von einfacher Gestaltung, 24. Rechnungsfehler sind, schon in Anbetracht der Uebereinstimmung zwischen den Resultaten zweier Wellen, so gut wie ausgeschlossen; dazu kommt, dass die Gleichung

$$\sum_{\mu=0}^{\mu=n-1} y_\mu^2 - \frac{n}{2}(2\,a_0^2 + a_1^2 + b_1^2 + a_2^2 + b_2^2 + \ldots + 2a_{\frac{n}{2}}^2) = 0$$

immer verificirt wurde.

Zur Verificirung dieser Gleichung war es manchmal nöthig, mit siebenstelligen Logarithmen zu rechnen. Hermann hat den Anschein bringen wollen, als hätte ich durch die Anwendung von 5—7-stelligen Logarithmen bewiesen, wie wenig ich es verstünde, den Genauigkeitsgrad meiner Analysen richtig zu beurtheilen.[1]) Wo ich siebenstellige Logarithmen angewandt habe, that ich es nicht, um die Constanten genauer zu bestimmen, sondern weil sonst die Werthe für $\Sigma\delta^2_\mu$ verschwinden können oder sogar negativ werden, also für die Berechnung der wahrscheinlichen Fehler ganz unbrauchbar sind.

Ich bin früher bei der Bestimmung der charakteristischen Tonhöhe von den physikalischen Intensitäten (oder der lebendigen Kraft der Tonbewegung) ausgegangen, gleichwohl unter ausdrücklicher

1) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 193.

Hervorhebung, dass die physiologischen Intensitäten wahrscheinlich nicht entsprechende Werthe haben. Ich bin diesmal zunächst von den Amplituden ausgegangen, aber aus den im Anhang gegebenen Tabellen sieht man, wie wenig sich die Resultate im Ganzen ändern würden, wenn wir von den physikalischen Intensitäten ausgingen. Nur wenn es sich um den Vergleich zwischen dem Grundton und dem zweiten Theilton handelt, gehen die Amplituden und die Intensitäten manchmal etwas mehr auseinander. In solchen Fällen habe ich meine Folgerungen auch mit Vorsicht gemacht und habe es versucht, womöglich den Mittelweg zu gehen. In einigen Fällen, wo die Amplituden im Anfang der eingestrichenen Octave eine Verstärkung zeigten, welche bei der Umrechnung auf Intensitäten verschwand, habe ich vorläufig von der Verstärkung abgesehen.

Ich habe auf verschiedenen Wegen versucht, das Verhältniss der physiologischen Intensitäten zu den Amplituden zu prüfen, aber ohne Erfolg. Die Versuche mit dem Sinuswellenrad habe ich schon erwähnt; vorher hatten wir mit dem neuen Edison'schen Phonographen gearbeitet.[1]) Es wurde ein Resonator angeblasen und der Ton in den Phonographen hineingeleitet. Nachher wollten wir durch Beobachtung der Entfernung, in welcher der Ton bei wechselnder Rotationsgeschwindigkeit gehört wurde, die Empfindlichkeit des Ohrs für verschiedene Tonhöhen ermitteln. Zu unserem grossen Bedauern zeigte es sich aber, dass der Ton nur dann vom Phonographen treu wiedergegeben wurde, wenn die Schläuche an's Ohr gehalten wurden. Bei freiem Hineintönen in's Zimmer war der Ton durch Nebengeräusche so sehr entstellt, dass die ganze Methode aufgegeben werden musste. Wie durch die Schläuche die schädlichen Bestandtheile der Luftbewegung gedämpft werden, ist mir nicht klar; sicher ist indessen, dass die von der Membran an die freie Luft mitgetheilte Bewegung dem hineingesprochenen resp. hineingesungenen Klang nicht genau entspricht. Trotz der guten Wiedergabe der Vocale, müssen wir uns deswegen sehr hüten, die

1) Mit grösster Dankbarkeit habe ich zu erwähnen, dass die kaiserliche Alexanders-Universität in Helsingfors auf meinen Antrag ein Exemplar dieses Apparates eingekauft und mir für meinen ganzen Aufenthalt in Kiel zur Verfügung gestellt hat.

Richtigkeit der Eindrücke auf dem Wachscylinder als direct controlirt zu betrachten.

In einem Falle hat der Phonograph der Wissenschaft ganz entschieden vorzügliche Dienste geleistet. Ich denke an die Versuche von Hermann über die Veränderung der Vocalklänge bei verschiedener Rotationsgeschwindigkeit. Die Veränderungen sind in der That bei den meisten Vocalen schon bei geringem Tonhöhenwechsel sehr merkbar. Am wenigsten verändert sich nach Hermann A. Dies hängt offenbar mit der Breite der Verstärkungsgebiete zusammen. Ich entlehne aus meiner Besprechung von Lloyd's Arbeiten folgende Bemerkungen über den Einfluss der Verstärkungsbreite auf die Empfindlichkeit des Vocalklanges. „Nehmen wir an, dass das charakteristische Tongebiet eines Vocals sich von c^4 bis d^4 erstreckt. Durch Beschleunigung der Rotationsgeschwindigkeit transponiren wir den Vocalklang eine Terz höher. Das nunmehr vorhandene Verstärkungsgebiet erstreckt sich von e^4 bis fis^4, liegt also ganz ausserhalb des alten. Wenn das charakteristische Gebiet breiter ist und sich beispielsweise von g^2 bis g^3 erstreckt, so bedeutet die Transponirung um eine Terz verhältnissmässig wenig. Die Grenzen des neuen Gebietes sind h^2 und h^3, und letzteres hat die ganze Strecke von h^2 bis g^3 mit dem alten gemeinsam.“

Die unten besprochenen Tonhöhen sind die der temperirten Scala, von c^1 264 V. D. ausgehend. Durch die Zeichen + und — sind überschüssige oder knappe Schwingungszahlen manchmal angegeben worden.

Die untersuchten Vocale sind die 10 langen Selbstlaute der schwedischen Mundart, welche in meiner Heimathsstadt Helsingfors gesprochen wird; die Vocale sind zum Theil von meiner Frau, A. P., zum Theil von mir, H. P., gesungen oder gesprochen worden. Diese Vocale sind nicht einmal mit den in Schweden üblichen[1]) alle identisch, noch weniger natürlich mit den deutschen, es sind also Uebereinstimmungen mit den Analysen der deutschen in den meisten

1) Ueber die Abweichungen der Helsingforser Mundart von den in Schweden gesprochenen habe ich in der Zeitschrift „Nystavaren“, Red. O. Hoppe, Jahrg. 1893, einige Mittheilungen gemacht.

Fällen gar nicht zu erwarten. Ich muss dies um so mehr betonen, als Hermann sich mit grösster Ruhe über alle derartige Bedenken hinwegsetzt.

Pflüger's Archiv Bd. 53 S. 43 gibt Hermann eine Zusammenstellung von seinen früheren Resultaten, von den mit dem Phonographen gewonnenen, von Boeke's[1]) Resultaten und den meinigen. Zu dieser Tabelle macht Hermann Seite 44 folgende Bemerkungen: „Wie man sieht, ist leider die Uebereinstimmung eine ziemlich geringe, sowohl hinsichtlich der Zahl, wie hinsichtlich der Lage der charakteristischen Töne. Auf Verschiedenheit der Aussprache beruht vermuthlich nur ein kleiner Theil der hervortretenden Abweichungen.[2]) Die Zuverlässigkeit meiner Ergebnisse wird durch die nahe Uebereinstimmung mit den früheren (α.) Versuchen wahrscheinlich.“

Erstens ist die Uebereinstimmung zwischen den α- und β-Versuchen keine so nahe, wie Hermann meint, indem er bei den späteren Untersuchungen in zwei Vocalen Töne entdeckt hatte, die er aus seinen älteren Curven nicht hatte herausfinden können, während für Å, Ö und Ü in der ersten Versuchsreihe überhaupt keine sicheren Resultate gewonnen werden konnten. Die Uebereinstimmung beschränkt sich also im besten Falle auf die Vocale O, A und I. Selbst wenn sie viel grösser wäre als sie ist, muss ich meinen bestimmten Protest gegen Hermann's Verfahren einlegen, wenn er auf Grund einer von ihm supponirten, in den meisten Fällen nicht vorhandenen Uebereinstimmung zwischen den deutschen und den schwedischen Vocalen meine Resultate zu verdächtigen versucht, weil sie von den seinigen abweichen. Nur einen deutschen Vocal habe ich analysirt, nämlich U, und für ihn sind in der Hermann'schen Zusammenstellung meine Resultate falsch angegeben. Hermann kann sich allerdings auf meine eigenen Angaben[3]) stützen, wenn er sagt, ich hätte für das untere Verstärkungsgebiet des U den Maximalpunkt c gefunden; indessen geht aus meiner

---

1) Boeke's Vocale sind holländische.

2) Von mir cursivirt.

3) Diese Zeitschrift Bd. 27 N. F. Bd. 9 S. 56. In der schwedischen Ausgabe liegen die entsprechenden Druckfehler nicht vor.

ganzen Darstellung, sowie aus der ausdrücklich beigefügten Schwingungszahl 264 V. D. und aus der Tafel II hervor, dass c^1 gemeint wird. Wenn c durch c^1 ersetzt wird, gewinnt die Zusammenstellung ein ganz anderes Aussehen. Hermann hatte in seiner früheren Versuchsreihe für diesen Vocal die Tonhöhe c^2 — e^2 gefunden; bei den β-Versuchen entdeckt er, dass im Vocal U zwei charakteristische Tonhöhen vorhanden sind, nämlich c^1 — f^1 und d^2 — e^2. Ich hatte für ein Individuum die Tonhöhen c^1 und a^2 gefunden; von einem anderen Individuum hatte ich nur eine Curve, und die beiden stärksten Töne waren hier f^1 und f^2. Soweit ich sehen kann, wendet sich die Spitze der Hermann'schen Beweisführung vor Allem gegen seine eigenen α-Versuche, besonders wenn man bedenkt, dass beim U das untere Verstärkungsgebiet ungleich stärker hervortritt und somit in erster Linie hätte gefunden werden müssen. Dieses Gebiet war ja auch längst durch Helmholtz' Untersuchungen bekannt, während das höhere erst von mir entdeckt wurde.

Die von mir gesprochenen Vocale waren Bestandtheile folgender Worte:

E — ....ner	Ä — Aran....
U — Stupa	Ö — Försök.
Y — Byta	

Als Schlüssel zu den allerdings isolirt gesungenen Vocalen möchte ich folgende Worte geben:

für A — Al	für Y — Sy
„ E — En	„ Å — Ås
„ I — Is	„ Ä — Ar
„ O — Bo	„ Ö — Öl.
„ U — Nu	

Für das breite Ö, welches ich der Bequemlichkeit wegen mit Ø bezeichne, gebe ich das Wort Ora.

A.

Die Uebereinstimmung der jetzt gemachten A-Analysen unter sich und mit den älteren ist eine sehr erfreuliche. Jedesmal zeigt sich eine Verstärkung aller Töne in der oberen Hälfte der zweigestrichenen

und der unteren Hälfte der dreigestrichenen Octave. Ueber die Maximalpunkte der Verstärkung liess sich früher nichts Bestimmtes sagen, da Analysen in tieferen Tonlagen fehlten. Ich hatte vermuthungsweise cis^3 oder d^3 als Centrum des Gebietes angegeben. Die jetzt gemachten Analysen der Tonhöhen 128, 144 und 160 V. D. zeigen, dass das breite Verstärkungsgebiet bei A zweigipflig ist, sich also wohl aus zwei ineinander übergehenden Gebieten zusammensetzt. Nach III 90 fällt der eine Gipfel auf gis^2 (zwischen die Theiltöne 6 und 7), der andere auf c^3 (zwischen 8 und 9). Nach III 91 liegt der erste Gipfel in der Nähe vom sechsten Theilton (halbwegs zwischen gis^2 und a^2); der zweite Gipfel wohl etwas tiefer als der Theilton 8, also bei cis^3 oder c^3. III 92 lässt für den ersten Gipfel auf gis^2 oder a^2 schliessen, für den höheren auf cis^3.

Die Theiltöne der Curven III 96 und III 98 stehen infolge der hohen Tonlage weiter auseinander, als dass die Zweigipfligkeit deutlich zum Ausdruck kommen könnte. Man sieht jedenfalls, dass der höhere Gipfel bei III 96 zwischen den Theiltönen 4 und 5 liegt und die Höhe d^3 beinahe erreicht. Der tiefere gibt sich nur dadurch zu erkennen, dass die Amplituden vom höheren aus nach unten weit langsamer abnehmen als nach oben, obgleich die tieferen Theiltöne weiter auseinander liegen. Weit vom Tone 3 (halbwegs zwischen fis^2 und g^2) kann der Gipfel nicht liegen; eine genaue Uebereinstimmung mit der vorher gefundenen Lage dieses Gipfels (gis^2 bis a^2) ist nicht ausgeschlossen, aber auch nicht nachweisbar. Von den beiden stärksten Tönen der Curve III 98 hat der zweite die Tonhöhe gis^2, der dritte erreicht nicht ganz dis^3. Auch hier liegt also kein Widerspruch gegen die anderen Curven vor. Bei allen Curven ist der obere Gipfel der höhere; bei III 91 jedenfalls nur, wenn man von den Intensitäten ausgeht.

Auf die schwachen Erhöhungen der Amplituden in der unteren Hälfte der eingestrichenen Octave, Erhöhungen, die bei der Umrechnung auf Intensitäten ganz unmerklich werden, möchte ich vorläufig kein Gewicht legen. Spuren von einer Verstärkung der Octave des stärksten Tones habe ich bei III 96 gefunden. Früher zeigten sich Andeutungen einer solchen secundären Verstärkung nur in den beiden ersten Curven (1 u. 4), die nicht sehr genau gemessen worden waren.

Ich möchte also für den Vocal A ein zweigipfliges Verstärkungsgebiet ansetzen, welches sich über die obere Hälfte der zweigestrichenen und die untere Hälfte der dreigestrichenen Octave erstreckt. Der erste, weniger bedeutende Gipfel liegt bei gis^2 oder a^2, der höhere und wichtigere unweit cis^3.

Der Gegensatz zwischen Hensen's A-Analyse und den meinigen, welcher früher etwas zu gross schien, ist, nachdem ich auch bei meinen A's zwei Gipfel entdeckt habe, keineswegs grösser als die Verschiedenheit der Sprache es bedingt. Ich möchte hier Hensen's Analyse und diejenige, welche ich auf derselben Tonhöhe 128 V. D. hergestellt habe, nebeneinander stellen.

Theilton	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
Hensen .	1,7	3,1	8,8	8,6	22,9	9,2	2,7	7,9	6,8	4,5	5,6	2,1	3,7	3,6	6,7	2,3
Pipping .	4,5	5,8	2,7	2,7	4,4	14,2	11,9	20,9	17,7	8,8	3,4	3,2	—	—	—	—

In beiden Curven liegt der obere Maximalpunkt zwischen dem achten und neunten Ton, bei Hensen's Curve fällt der untere ziemlich mit dem fünften Theilton zusammen, bei meiner liegt er etwas oberhalb des sechsten Tones. Dazu kommt, dass bei Hensen der untere Maximalpunkt der bedeutendere ist, bei mir umgekehrt.

Die von Hensen analysirte Curve war auf einer berussten Platte gezeichnet worden; wir sehen hier, dass der Sprachzeichner schon in diesem Stadium seiner Entwickelung gut functionirte, und die Curven erfolgreiche Messungen gestatteten.

E.

a. Gesungene Klänge.

Die Curven geben drei verschiedene Verstärkungsgebiete an oder, wenn man will, zwei Verstärkungsgebiete, von denen das höhere zweigipflig ist. Das tiefere Gebiet breitet sich über die ganze eingestrichene Octave aus (III 80 Theiltöne 2 und 3, III 81 Ton 2, III 82 Ton 2, III 83 Ton 1, III 84 Ton 1) und streckt sich sogar bis zu den höheren Tönen der ungestrichenen Octave (III 81 und III 82 Ton 1). Nach III 80 liegt das Centrum des Verstärkungsgebietes dem dis^1 bedeutend näher als dem ais^1. Nach III 81 liegt es etwas

tiefer als fis[1]. Nach III 82 liegt es von c[1] weniger entfernt als von c[2]. Die Curven III 83 und III 84 sagen über die Lage des Centrums nichts Sicheres, nur dass es von den Grundtönen fis[1] resp. a[1] nicht gar zu weit entfernt sein kann. Ich glaube nicht, dass wir sehr irren, wenn wir e[1] oder f[1] als Maximalpunkt des Gebietes angeben.

Das zweite Gebiet erstreckt sich nach III 80 (Töne 8, 9, 10) über zwei ganze Tonstufen und hat als Maximalpunkt f[3] oder fis[3]. III 81 (Töne 7 und 8) und III 82 (Töne 5 und 6) bestätigen dies vollkommen. Bei den Curven III 83 und III 84, welche von meiner Frau gesungen wurden, ist einmal fis[3], einmal e[3] der stärkste Ton des Gebietes; wo e[3] am stärksten war, lag kein Theilton zwischen e[3] und a[3].

Das dritte Verstärkungsgebiet ist äusserst eng. Zu ihm gehört in der Curve III 80 wohl nur der Theilton 14, cis[4]. Bei III 81 zeigt der Ton 11, c[4], eine Verstärkung. Der geringe Grad der Verstärkung deutet an, dass die Uebereinstimmung mit dem Resonanzton hier weniger genau war, auch hier war der Resonanzton wohl cis[4] (Theilton 12 stärker als 10). Bei III 82 ist der Ton 8 c[4] verstärkt. Bei den von meiner Frau gesungenen Curven tritt dies dritte Verstärkungsgebiet nicht mit Sicherheit hervor. Etwas beeinflusst von demselben ist vielleicht der Ton 6 cis[4] bei III 83 und 6 e[4] bei III 84. Je höher der Grundton wird, desto schwerer gelangen die Verstärkungsgebiete zum Ausdruck, und ganz besonders erschwert wird die Sache bei so engen Gebieten, wie das dritte vom Vocal E.

b. Gesprochene Klänge.

Bei der Welle 33 scheint die richtige Mundstellung noch nicht ganz erreicht worden zu sein. Der Resonanzton des untersten Gebietes ist etwas höher als sonst (der zweite Ton dis[2] stärker als dis[1]), und das dritte Gebiet ist ungewöhnlich breit (Ton 7 c[4] und 8 dis[4], beide sehr stark). Das zweite Gebiet scheint normal zu sein, indem die stärkste Resonanz unweit des Tones 5 (halbwegs zwischen f[3] und gis[3]) zu suchen ist. Bei den Wellen 62 und 63 ist die Stärke des zweiten Tones (a[1]) wohl durch die Nähe des vorher gefundenen Verstärkungscentrums e[1] oder f[1] bedingt. In

beiden Klängen vertritt der zehnte Theilton (c^4 à cis^4) das dritte Verstärkungsgebiet, welches wenigstens bei 63 die normale Enge hat. Hier (wie auch bei 33) ist die Abgrenzung zwischen den beiden höheren Gebieten vollkommen deutlich; bei 62 ist sie verwischt, und auch der Maximalpunkt des mittleren Gebietes lässt sich schwer ermitteln. Bei 63 liegt der Maximalpunkt des zweiten Gebietes um eine Kleinigkeit höher als der Ton 7, muss wohl also auf g^3 festgestellt werden.

Für den Vocal E möchte ich also auf Grund der eben besprochenen Analysen folgende charakteristischen Tonhöhen feststellen:

f^1 (Umfang der Verstärkung gut eine Octave)
fis^3 („ „ „ etwa „ Terz)
cis^4 („ „ „ „ „ Secunde)

Die Abweichungen von diesen Tonhöhen bei den verschiedenen Analysen überschreiten in der Regel nicht eine halbe Tonstufe.

An der Hand dieser neuen Analysen lassen sich auch die früher veröffentlichten besser beurtheilen. Auf Grund der Curven 11 und 14 habe ich schon damals ein breites Verstärkungsgebiet mit dem Centrum f^1 gefunden. Die Curve 14 gab durch ihren neunten Ton (ein tiefes d^4) das dritte engbegrenzte Verstärkungsgebiet zu erkennen. Da alle E-Curven damals mit dem etwas schwer beweglichen Doppelhebel hergestellt wurden, wird es uns nicht befremden können, dass bei 11 und 14 das mittlere Gebiet gar nicht zum Vorschein kam, und bei 11 auch das dritte kaum angedeutet wurde. Bei 14 kann auch die Stimmgabel ihren Einfluss ausgeübt haben. Der Ton 4 von 1064 Schwingungen (die Stimmgabel war auf 1000 V. D. abgestimmt) zeigt eine kleine Verstärkung.

Die Curve 15, welche mir vorher ein Dorn im Auge war, steht mit den übrigen in keinem Widerspruch, seitdem wir das mittlere Verstärkungsgebiet entdeckt haben. Der dritte Theilton (Ampl. 7,3%) hat die Tonhöhe g^3, der vierte (4,8 %) c^4. Der Grundton c^2 steht allerdings an der oberen Grenze des untersten Gebietes, musste aber als einzigster Ton dieses Gebietes doch bedeutend verstärkt werden. Auf dem zweiten Ton c^3 (1066 V. D.) 7,3 % sind keine Schlüsse zu gründen wegen der bedenklichen Nähe des Stimmgabeltones (1000 V. D.).

I.

Die I-Curven, welche ich aus Helsingfors mitgebracht hatte, waren leider zum Theil sehr vom Stimmgabelton beeinflusst. Bei denjenigen I-Curven, die ich jetzt in Kiel hergestellt habe, sind die Amplituden der hohen Theiltöne wohl zu klein, um bequem und sicher gemessen werden zu können, wenn sie auch als feine Kräuselungen der Curven zu sehen sind. Da ich in der nächsten Zeit hoffentlich wieder sehr gute I-Curven werde herstellen können, habe ich auf die Messung der weniger guten keine Zeit verschwenden wollen, sondern habe mich vorläufig begnügt, die früher von mir gemessenen I-Curven nochmals zu messen, und zwar von jeder Curve noch zwei Wellen. Die Mühe ist nicht nutzlos gewesen, denn es hat sich gezeigt, dass die Spuren einer dritten Verstärkung bei dem elften Tone f^4+ der Curve 24 und dem zehnten Ton fis^4- der Curve 25 keineswegs auf Messungsfehlern beruhen, denn sie wiederholen sich in beiden von neuem gemachten Doppelmessungen. Wenn nun im Ganzen sechs verschiedene Messungen zwei verschiedener Curven alle eine deutliche, wenn auch nicht bedeutende Verstärkung auf der Grenze zwischen f^4 und fis^4 zeigen, ist die Möglichkeit da, dass wir es hier mit einem dritten Verstärkungsgebiete zu thun haben. Auf die schwache Steigerung einiger Töne im Anfang der dreigestrichenen Octave möchte ich kein Gewicht legen, sie zeigte sich nicht constant und kann von der Stimmgabel herrühren.

Zu den vorher gefundenen Tönen für I (etwa d' und cis^4), von denen der untere wohl ein recht weites Gebiet vertritt, der höhere dagegen ein enges (höchstens eine Terz), hätten wir also mit einiger Reserve den isolirten Ton fis^4- hinzuzufügen.

O.

Die Feststellung des Resonanztones für O ist mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft, so lange wir keine Analysen in tieferen Tonlagen haben. Wenn wir z. B. die Schwerpunktsconstruction anwenden, müsste der Grundton, wo er einigermaassen weit unterhalb des Resonanztones liegt, die Lage des Schwerpunktes zu tief herabdrücken. Dagegen wo der Grundton mit dem Resonanzton zusammen-

fällt, werden die höheren Töne den Schwerpunkt an sich heranziehen, und wo der Grundton etwas oberhalb des Resonanztones liegt, wird der Schwerpunkt erst recht in die Höhe gezogen. Es hat indessen sein Interesse, die Rechnung für die fünf O-Curven auszuführen.[1] Als Schwerpunkte erhält man

für	III 104	344	V. D.	f^1 —
„	III 106	373	V. D.	fis^1
„	III 107	380	V. D.	fis^1 +
„	40	389	V. D.	g^1 —
„	III 108	416	V. D.	gis^1
„	III 109	461	V. D.	ais^1 —.

Wie nach dem oben Gesagten vorauszusehen war, steigt der Schwerpunkt mit dem Grundton in die Höhe. Die Abweichungen sind doch nicht grösser als von f^1 — bis ais^1 —. Ich denke also, dass wir ohne erheblichen Fehler die mittlere Höhe der verschiedenen Schwerpunkte, d. h. 393 V. D. g^1, als Resonanzton für O angeben können. Keine von den einzelnen Analysen widerspricht dieser Annahme. Die Breite des Gebietes scheint nach III 106 eine Octave zu erreichen.

U.

Aus den verschiedenen Analysen der Curve I 38 ersieht man, wie leicht sich ein unharmonischer Ton (hier der Stimmgabelton) zu erkennen gibt, auch wo seine Amplitude nicht sehr gross ist. Ich habe bei der Analyse folgendes Verfahren eingeschlagen. Die Wellen 1 und 2 wurden in der gewöhnlichen Weise jede für sich gemessen und berechnet. Von den übrigen Wellen schlug ich aber jedesmal zwei zusammen, so dass die Wellen 6 und 7 als eine Periode betrachtet wurden, 10 und 11 als eine zweite, 21 und 22 als eine dritte. Wenn nun die Curve keine unharmonischen Bestandtheile enthalten hätte, hätten bei der Analyse der Doppelwellen alle ungeradzahligen Theiltöne wegfallen müssen. Ein Stimm-

1) Die von mir angewandte Formel für die Schwerpunktsconstruction ist folgende:

$$\frac{a_1 \log s_1 + a_2 \log s_2 + a_3 \log s_3 + \ldots a_n \log s_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \ldots a_n} = \log S.$$

a_n = Amplitude des n^{ten} Theiltones. s_n = Schwingungszahl des n^{ten} Theiltones. S = die Schwingungszahl des als Schwerpunkt zu bezeichnenden Tones.

gabelton von 1000 V. D. musste sich aber als 7. Theilton von der Doppelwelle 140 V. D. zu erkennen geben. In der That war der 7. Theilton von allen ungeradzahligen Tönen der stärkste (etwa 3%). Bei den Wellen 1 und 2 zeigte sich dieser unharmonische Ton durch seinen störenden Einfluss auf den 4. Theilton der einfachen Periode (den 8. Theilton der doppelten). Während die Phasenverschiebung dieses Tones vom Grundton aus bei den drei Doppelmessungen der verhältnissmässig weit auseinander liegenden Wellen 6—7, 10—11 und 21—22 nur zwischen 203° und 208° schwankte, fand ich bei der Welle 1 die Verschiebung 238° und bei der zweiten Welle 200°. Wenn der schwache Stimmgabelton schon eine solche Störung bewirken konnte, wie anders müssten nicht meine Tabellen über die Abweichungen der Phasen aussehen, für den Fall, dass die starken charakteristischen Vocaltöne unharmonisch wären!

Bei der Besprechung der Durchschnittswerthe und Amplitudenvariationen für die Curve I 38 habe ich natürlich von den Wellen 1 und 2 abgesehen. Bei I 39 habe ich die Wellen 5 und 6, bei I 40 1 und 2 zusammengeschlagen. Nur die geradzahligen Töne der zusammengeschlagenen Wellen wurden für die Rechnung benützt. Das vollständige Resultat der Analysen soll, wie ich in der Einleitung bemerkt habe, erst später veröffentlicht werden.

Das schwedische U zeichnet sich wie das deutsche durch zwei Verstärkungsgebiete aus, ein tiefes und ziemlich breites, und ein hohes, enges. Die Centra beider Verstärkungsgebiete, besonders das des oberen, liegen beim schwedischen U höher. Der Maximalpunkt des unteren Gebietes liegt nach I 44 (Töne 2 und 3) dem d^1 bedeutend näher als dem a^1, nach I 41 sehr in der Nähe von e^1, nach 42 ziemlich in der Mitte zwischen h und h^1, wohl bei fis^1 oder f^1, nach III 75 dem Grundton (auf der Grenze zwischen h und c^1) näher als dem zweiten Theilton, etwa bei e^1; nach I 43 dem c^1 weit näher als dem c^2; nach I 38 ebenso; nach I 39 nicht weit von dis^1, nach I 40 in der Nähe von g^1. Ich möchte e^1 oder f^1 als durchschnittlichen Maximalpunkt angeben und die Breite des Gebietes auf eine volle Octave schätzen. (Vgl. 42 u. III 75, Töne 1 u. 2.) Tiefer als gewöhnlich liegt der charakteristische Ton bei I 4 g (etwas unterhalb d^1).

Der Maximalpunkt des höheren Gebietes liegt nach I 44 ziemlich auf der Grenze zwischen c^3 und cis^3, nach I 41 bei d^3, nach I 42 bei dis^3, nach 42 bei e^3 (etwas oberhalb des 5. Tones), nach III 75 bei dis^3, nach I 43 und I 38 bei cis^3, nach I 39 in der Nähe von dis^3 und nach I 40 unweit d^3. Das Centrum des Gebietes liegt also bei dis^3 oder d^3, kann aber unter Umständen bis e^3 aufsteigen oder bis zu cis^3 (beinahe c^3) herabsinken. Die Variationen sind hier etwas grösser als gewöhnlich, aber die Aussprache des U-Vocals ist in meinem heimathlichen Dialect in der That recht sehr variabel. Auch ist der Einfluss des Stimmgabeltones bei den meisten U-Curven nicht ausgeschlossen. Die Curve I 44 zeigt die grösste Abweichung des Maximalpunktes nach unten, und diese Abweichung wird durch den siebenten Theilton bewirkt, der beinahe die Schwingungszahl der Stimmgabel hat (1022 gegen 1000 V. D.). Die Phasenabweichungen sind bei diesem Theilton grösser als bei dem gleich starken achten ($\pm$ 6° gegenüber $\pm$ 3°).

Es kann aber die Vertiefung des Resonanztones bei I 44 auch von der bekannten Neigung abhängen, die Vocale bei tiefem Grundton etwas dumpfer zu bilden. Der Umfang des oberen Gebietes dürfte etwa eine Quarte oder Quinte sein; doch lässt sich dieselbe in Betracht des möglichen Einflusses des Stimmgabeltones nicht ganz sicher bestimmen.

Die gesprochenen U-Vocale zeigen dieselben Eigenschaften wie die gesungenen. Die stärksten Töne sind bei den fünf analysirten Wellen der Grundton und der vierte Theilton. Ersterer hat die Höhe e^1, letzterer e^3.

Y.

Bei den Y-Curven ist der Stimmgabelton (von 1000 V. D.) leider mehrfach aufgetreten. Am deutlichsten sieht man ihn bei I 59 Theilton 5 (990 V. D. 8,3 %), I 58 Theilton 6 (990 V. D. 8,2 %) und I 61 Theilton 3 (960 V. D. 5,8 %); auch I 57 Ton 7 (1022 V. D. 2,3 %) scheint beeinflusst worden zu sein. Da der Stimmgabelton in diesen Fällen zufälligerweise immer mit irgend einem harmonischen Theilton recht genau übereinstimmte, und die gemessenen Wellen nicht sehr weit auseinander standen, kam die Störung der Phasen hier vielleicht nicht so deutlich zum Vorschein, wie beim U. Die Phase des sechsten Theiltones der Curve I 58 hatte sich jedenfalls

nach Verlauf von 5 Wellen um 165° verändert, die des siebenten Tones von I 57 nach 2 Wellen um 82°.

Bei meinen früheren Untersuchungen habe ich für das Y zwei Verstärkungsgebiete gefunden, eines in der unteren Hälfte der eingestrichenen Octave und ein sehr enges bei c^4. Meine Curven 5 und 26 liessen vermuthen, dass das Centrum nicht weit von f^1 lag, die Analyse 21, dass es von c^1 bedeutend weniger entfernt war, als von c^2.

Von den neuen Analysen zeigt

I 57 auf die Nähe von d^1,
I 58 „ einen Ton, der sicher oberhalb ais liegt,
I 59 „ „ „ unterhalb cis^1,
I 60 „ die Nähe von h +,
I 61 „ „ „ „ dis^1.

Bei den gesprochenen Y's durchläuft der Grundton die Strecke von c^1 bis e^1 und ist die ganze Zeit sehr stark, am stärksten jedenfalls bei e^1.

Die Lage des Centrums scheint also etwa zwischen e^1 und c^1 zu oscilliren. Wir wollen d^1 als durchschnittliche Lage angeben. Die Breite des Gebietes ist, wie gewöhnlich in dieser Tongegend, ungefähr eine Octave, doch etwas knapper zugemessen als sonst, was wohl mit der sehr engen Oeffnung sowohl des hinteren als auch des vorderen Mundraumes zusammenhängt.

Die früher gefundene Tonhöhe c^4 für das obere Verstärkungsgebiet stimmt sehr gut mit den Partialamplituden des gesprochenen Y's. Bei der Welle 8 finden wir den Resonanzton h^3, bei 21 und 23 cis^4—d^4, bei 41 cis^4.

Bei den jetzt analysirten gesungenen Y's treten die hohen Töne, zum Theil vielleicht in Folge der störenden Einflüsse des Stimmgabeltones nicht so deutlich hervor wie sonst. Verstärkt sind jedenfalls:

bei I 61 Ton 6 ais^3+,
„ I 60 „ 8 h^3+,
„ I 59 „ 10 h^3,
„ I 58 „ 12 h^3.

In allen diesen Fällen liegt ja der verstärkte Ton etwa um eine halbe Tonstufe tiefer als c^4; eigenthümlich ist, dass dabei Spuren einer dritten Verstärkung in der Gegend von dis^4 so zu sagen

als Compensation auftreten (I 61 Ton 8 dis[4], I 60 Ton 10 dis[4], I 59 Ton 12 d[4], I 58 Töne 14 und 15 d[4] und dis[4]). Vorläufig will ich doch keine Behauptungen auf dieser minimalen Verstärkung gründen. Auch in der Curve I 57 zeigen sich, wenn auch nur sehr undeutlich, Spuren einer Verstärkung im Anfang der viergestrichenen Octave.

Für Y möchte ich durchschnittlich die Resonanztöne d[1] und c[4] ansetzen. Die Breite des unteren Gebietes umfasst eine knappe Octave, die des oberen kaum eine halbe Tonstufe.

A.

Die A's haben leider zum Theil unter dem Einfluss des Stimmgabeltones gelitten. Bei den Curven der Serie I habe ich deshalb in vielen Fällen die Töne von der Tongegend 1000 V. D. an weggelassen.

Bei der Bestimmung der charakteristischen Tonhöhe sehe ich jetzt von den mit Stimmgabel geschriebenen A's ab; ich thue es um so lieber, als sich bei diesen Analysen im Anfang der eingestrichenen Octave bald eine Verstärkung zeigt, bald nicht, was auf irgend ein Versäumnis beim Aufsetzen der Membran deuten kann. Ich habe diese Analysen doch mittheilen wollen, um dem Leser nichts Wichtiges vorzuenthalten.

Es wird vielleicht nicht unangebracht sein, auch bei den A-Analysen der Serie III, mit denen wir es jetzt zu thun haben, die Schwerpunktsconstruction anzuwenden. Doch müssen wir uns dabei im Voraus klar machen, dass dadurch wahrscheinlich ein zu kleiner Werth für die Schwingungszahl des Resonanztones erzielt wird, weil hier der Grundton jedesmal tiefer liegt als der Resonanzton. Am meisten wird der Schwerpunkt bei der Curve III 73 nach unten gezogen werden. Hier liegt nämlich der Grundton schon im Verstärkungsgebiete, und wenn ihm auch sonst als solchem keine gar zu grosse Amplitude zukommt, scheint er gewöhnlich mächtig anzuschwellen, sowie er ins Gebiet hinein kommt. Die Schwerpunktsconstruction gibt folgende Resultate:

für III 70 448 V. D. a[1], für III 72 556 V. D. cis[2],
„ III 71 488 V. D. h[1]—, „ III 73 483 V. D. ais[1]+.

Der gemeinsame Schwerpunkt dieser Schwerpunkte ist 492 V. D. oder h^1—. Diese Tonhöhe ist, wie schon gesagt, vielleicht etwas zu tief. Die Breite des Gebietes scheint recht gross zu sein, über eine Octave und jedenfalls grösser als beim O.

Möglich ist, dass sich das breite Verstärkungsgebiet für A bei Analysen auf tieferen Tönen als zweigipflig herausstellen wird. Die tiefste meiner A-Curven I 64, gesungen auf 131 V. D., zeigt zwei Gipfel; doch möchte ich die Bestätigung neuer Analysen auf tiefen Tönen abwarten, bevor ich mich für die Zweigipfligkeit des A-Gebietes ausspreche.

Ä.

Bei dem Ä unterscheiden wir sicher zwei Verstärkungsgebiete. Die verschiedenen Analysen geben für die maximale Verstärkung folgende Tonhöhen:

für das untere Gebiet	für das obere Gebiet
III 41 — g^2—	f^3
III 43 — g^2	f^3+
III 44 — g^2—	f^3+
III 45 — $a^2 > e^2$	f^3
III 46 — unweit g^2—	f^3
III 47 — $ais^2 > dis^2$	f^3
III 50 $h^2 > h^1$	fis^3

Das untere Gebiet ist nicht sehr breit, es scheint nach III 41 höchstens eine Quarte zu umfassen; das höhere Gebiet streckt sich etwa von c^3 bis ais^3.

Es ist schwer zu sagen, ob überhaupt und in welchem Grade die gesprochenen Ä's und die früher von mir mitgetheilten von dem Stimmgabelton beeinflusst worden sind. Einen starken Resonanzton in der Mitte der dreigestrichenen Octave zeigen alle diese Curven. Welle 28 gis^3+, Welle 38 g^3—, Welle 40 g^3, Welle 57 gis^3; bei meinen früheren Curven hatte ich etwa f^3 gefunden. Das Gebiet ist immer von grosser Breite. Der untere Resonanzton liegt zu sehr in der Nähe des Stimmgabeltones, als dass ich die mit Stimmgabel geschriebenen Curven für die Feststellung desselben herbeiziehen wollte. Die anderen Analysen sind ja auch an sich zahlreich genug.

Ob die Andeutungen einer Verstärkung in der eingestrichenen Octave, die sich bei mehreren Curven finden, etwas zu sagen haben, kann ich vorläufig nicht entscheiden. Bei der Welle 57 der Gesprochenen scheint sie die Verstärkung in der zweigestrichenen Octave verdrängt zu haben, vielleicht ist hier schon der Gleitlaut vorhanden.

Für Ä finden wir also die Resonanztöne g^{2} und f^{3}, oder in Anbetracht der helleren Bildung der gesprochenen Ä's etwa fis^{3}. Das untere Gebiet ist ungefähr eine Quarte breit, das obere eine Septime.

Von der Curve III 45 habe ich ausnahmsweise nur eine Welle gemessen. Der Diamant hatte wiederholt ausgesetzt, so dass eine ganze Reihe von Wellen lückenhaft waren.

O.

a. Gesungene Klänge.

Auch hier haben wir zwei Verstärkungsgebiete. Der Maximalpunkt des unteren Gebietes liegt

nach III 31 dem dis^{1} näher als dem ais^{1},
„ III 32 nicht weit von e^{1} oder f^{1},
„ III 33 tiefer als a^{1},
„ 41 unweit g^{1},
„ III 34 ziemlich in der Mitte zwischen ais und ais^{1} (etwa bei f^{1}),
„ III 35 vom Grundton (welcher auf der Grenze zwischen h und c^{1} liegt) etwas weniger weit entfernt als vom zweiten Theilton, also wohl bei e^{1},
„ III 36 etwas oberhalb dis^{1},
„ III 38 sehr in der Nähe von fis^{1},
„ III 39 (Wellen 1 und 66) nicht sehr weit von gis^{1};
„ III 40 liegt h^{1} noch im Gebiete der Resonanz.

Wie beim U haben wir wohl auch hier ein Verstärkungsgebiet, welches die ganze eingestrichene Octave umfasst und etwa f^{1} als maximalen Resonanzton hat. Das zweite Gebiet liegt bei Ö höher als beim U. Das Centrum dieses Gebietes liegt

nach III 31 bei g^{3},
„ III 32 „ g^{3},
„ 41 „ a^{3},
nach III 33 auf der Grenze zwischen f^{3} u. fis^{3},
„ III 34 bei g^{3},

nach III 35 bei fis^3 oder f^3,
„ III 36 „ fis^3+,
„ III 38 „ fis^3,

nach III 39 (Wellen 1 u. 66) b. fis^3,
„ III 40 sehr in der Nähe von fis^3.

Wir können also ziemlich getrost fis^3 oder g^3 als Maximalpunkt des Gebietes ansetzen. Die Breite beträgt eine Quarte, da bei III 31 der achte Ton dis^3 und der elfte Ton a^3 noch im Gebiete liegen.

Die Curve III 39 mit ihren vier analysirten Wellen 1, 66, 74, 84 ist insofern interessant, als hier offenbar eine Veränderung der Tonhöhe oder der Mundstellung stattgefunden hat; vielleicht sind auch beide Veränderungen zugleich eingetreten. Sowohl Phasen als Amplituden stimmen bei jedem Wellenpaar für sich gut überein, dagegen ist das zweite Wellenpaar von dem ersten recht verschieden. Es muss also zwischen den Wellen 66 und 74 etwas passirt sein. Am auffallendsten ist diese Veränderung beim zweiten Ton, dessen Amplituden und Phasen sich folgendermaassen gestalten:

	Welle 1	Welle 66	Welle 74	Welle 84
Amplitude .	1,2	1,0	5,4	4,7
Phase . .	— 65°	— 79°	+ 135°	+ 129°

Meine früheren Ö-Analysen stimmen mit den jetzt gemachten im Bezug auf das untere Verstärkungsgebiet gut überein. Die höheren Theiltöne waren offenbar durch den Stimmgabelton gestört worden, da gerade in der Umgegend von 1000 V. D. (Curve 19 Theilton 3, Curve 18 Theiltöne 2 und 3) starke Töne auftreten, welche bei den anderen Ö-Curven fehlen.

b. Gesprochene Klänge.

Auch bei den gesprochenen Ö-Vocalen finden wir ein Gebiet, welches die eingestrichene Octave umfasst. Ob der Ton maximaler Resonanz dem Grundton c^1, cis^1 resp. d^1, oder dem zweiten Theilton c^2, cis^2 resp. d^2 näher liegt, lässt sich schwer entscheiden; höher als bei g^1 wird er nicht gesucht werden können. Das Centrum des höheren Gebietes scheint bei den Wellen 32 und 33 unbedingt a^3 zu sein, bei 19 und 20 gibt die Schwerpunktsconstruction mit Hilfe der Töne 5, 6 und 7 die Höhe gis^3.

Ø.

Das breite Ø unterscheidet sich vom Ö dadurch, dass das untere Verstärkungsgebiet viel höher und viel enger ist, das obere dagegen etwas tiefer und auch wohl etwas breiter.

Der tiefere Resonanzton liegt

nach III 52 bei dis^2+,	nach III 55 bei dis^2,
„ III 53 „ e^2,	„ III 56 unweit f^2,
„ 35 „ e^2—f^2,	„ III 58 wohl etwas unterhalb fis^2.

Bei III 54 scheint die maximale Verstärkung nicht weit von fis^2+ (Ton 4) zu liegen, bei III 57 zwischen h^1+ und fis^2+, ohne dass die genaue Lage ermittelt werden kann. Bei III 59 ist die Bestimmung noch ungenauer, da kein Theilton zwischen gis^1 und gis^2 liegt; der letztere Ton ist sehr stark.

Für das untere Gebiet möchte ich also den Ton e^2 als Centrum angeben, die Breite des Gebietes scheint ungefähr eine Quinte zu betragen.

Als Centrum für das obere Gebiet gibt die Curve

III 52 dis^3—,	III 56 unweit d^3,
III 53 dis^3—,	III 57 etwa d^3,
III 54 dis^3+,	III 58 zwischen cis^3 und fis^3, unweit fis^3,
III 55 dis^3,	
35 e^3—,	III 59 zwischen dis^3 und gis^3, unweit dis^3,

also durchschnittlich dis^3, und zwar ist die Verstärkungsbreite auch hier eine Quinte.

Auf der erhöhten Amplitude einiger Töne im Anfang der eingestrichenen Octave (III 52, III 53, III 54 Ton 2) möchte ich vorläufig nicht bauen; die Intensitäten lassen diese Verstärkung kaum zum Ausdruck kommen. Die Curve III 59 zeigte an dem Abschnitt (β), den ich zuerst untersuchte, einige Unregelmässigkeiten. Ich untersuchte deshalb nachher auch eine andere Gegend (α) der Curve, und die zwei Analysen, die ich hier machte, stimmten gut miteinander überein. Es wird hier, wie bei der Ö-Curve III 39 eine Veränderung der Tonhöhe oder der Mundstellung stattgefunden haben.

Meine früheren Resultate konnten dahin zusammengefasst werden, dass sie eine genaue Bestätigung der Helmholtz'schen Vocallehre enthielten, wenn wir davon absehen, dass Helmholtz die Bedeutung des Grundtones etwas überschätzt hatte, die Verstärkungsbreite dagegen etwas zu wenig berücksichtigte. Die jetzt gemachten Analysen können meine früher ausgesprochenen Ansichten nur sehr nachdrücklich unterstützen. Was die neue Lehre von Hermann betrifft, muss ich sie noch einmal[1]) als durchaus unbegründet zurückweisen. Helmholtz' Versuch am Clavier zeigt, dass die Vocaltöne keine Phasensprünge machen, sonst würde das Clavier sie nicht wiedergeben können; Hensen's Erfahrung, dass Resonatoren durch tönende Luftlamellen nicht angeblasen werden können, zeigt, dass die unharmonischen Theiltöne bei den Vocalen fehlen müssen, und schliesslich ist, wie auch Auerbach[2]) bemerkt, von unharmonischen Theiltönen bei den Vocalen nichts zu hören. Hermann's ganze Lehre stammt daher, dass er bei der Beurtheilung der Klangcurven die Empfindungen des Auges und die des Ohres nicht streng auseinander hält. Die Forscher, deren Resultate Hermann zu den „Schulbegriffen"[3]) rechnet, haben es dagegen immer gethan.[4])

Ich gebe im Anhang eine kleine Zusammenstellung meiner Resultate für die verschiedenen Vocale.[5]) Durch die angehängten Zahlen wird die Breite des Verstärkungsgebietes angegeben; 12 bezeichnet eine Octave (12 halbe Tonstufen), die anderen Zahlen entsprechend mehr oder weniger. Die meisten dieser angehängten Zahlen, vor Allem die grösseren, sind nur approximativ, sie zeigen jedenfalls, wie gross der Unterschied in der Verstärkungsbreite sein kann.

Mit der Breite des Gebietes, über welches sich die Verstärkung bei einem und demselben Klange erstreckt, ist natürlich die Schwankungsbreite der Resonanztöne nicht zu verwechseln.

---

1) Vgl. diese Zeitschr. Bd. 27 N. F. 9 S. 483.

2) Zeitschr. f. franz. Spr. u. Lit. Bd. 16 S. 150.

3) Pflüger's Archiv Bd. 48 S. 184.

4) Vgl. vor allem „Die Lehre von den Tonempfindungen" S. 209.

5) Tabelle über die Resonanzhöhen und die Resonanzbreiten.

Diese Schwankungsbreite ist äusserst klein. Abweichungen um eine halbe Tonstufe von den hier gegebenen charakteristischen Tönen kommen wohl häufig vor; aber sicher festgestellte Abweichungen um eine ganze Tonstufe gehören zu den Seltenheiten, wenn wir von den gesprochenen Vocalen mit ihren Gleitlauten absehen. Im Ganzen stimmen auch die gesprochenen Vocale mit den gesungenen sehr gut überein, doch scheinen bei den gesprochenen die charakteristischen Töne fast durchgängig um ein Haar höher zu liegen.

Die Breite der Verstärkungsgebiete ist durch die Weite der Mundöffnung und die Weichwandigkeit der Resonanzhöhle bedingt.[1]) Der zum Theil vom weichen Gaumen begrenzte hintere Mundraum muss immer eine ziemlich ausgedehnte Resonanzbreite haben, wie es in der That bei den tiefsten Verstärkungsgebieten immer der Fall ist. Die zwischen straff gehaltener Zunge und hartem Gaumen gebildeten hohen Theiltöne bei I, Y und E sind auf ein enges Gebiet begrenzt. Bei I ist dieses Gebiet wegen der breiten Mundöffnung weniger eng als bei dem mit Lippenrundung gebildeten Y. Bei A und Å ist die Verstärkungsbreite durch die sehr grosse Mundöffnung bedingt. Dieses interessante Capitel hoffe ich später eingehender behandeln zu können, ich habe hier nur andeuten wollen, dass die verschiedene Breite der Verstärkungsgebiete keineswegs überraschend ist. Vielmehr müssten wir uns wundern, wenn die verschiedenartig gebauten Resonanzräume der Vocale alle dieselbe Resonanzbreite hätten.

Obgleich es nicht leicht ist, die Klangfarbe eines Vocals in Worten zu beschreiben, möchte ich doch den deutschen Lesern einen Begriff von der Beziehung zwischen deutschen Vocalen und den meinigen geben. Das deutsche U scheint mir sehr variabel zu sein, bei heller Aussprache nähert es sich dem schwedischen U, bei dumpfer dem O. Die erstgenannte Erscheinung beruht natürlich darauf, dass der höhere Resonanzton deutlicher hervortritt und sich der dreigestrichenen Octave nähert, die zweite darauf, dass der höhere Resonanzton sinkt, oder dessen Bildung fast vernachlässigt wird. Die früher von mir analysirte Curve 20 von C. S.-P.

1) Vgl. Lehre von den Tonempfindungen S. 182 u. 602.

(deutsches U) war dem Klange nach von einem schwedischen O sehr wenig verschieden, die Uebereinstimmung zeigt sich auch in der Analyse. Dagegen waren die von W. M. gesungenen U's heller und zeigen auch eine deutliche Verstärkung oben in der zweigestrichenen Octave.

Schwedisches O, deutsches O und schwedisches Å bilden eine aufsteigende Reihe. Schwedisches O klingt am meisten dumpf und geschlossen, schwedisches A am hellsten und offensten.

Mein A ist von dem deutschen nicht auffallend verschieden, doch ist es mir passirt, dass man, um meine Aussprache nachzumachen, das A mit einem Ä-artigen Laut ersetzt hat, was eine hellere Aussprache bei mir andeutet. Der Vergleich zwischen Hensen's Analyse und der meinigen bestätigt diese Ansicht.

Schwedisches A, deutsches A, schwedisches Ä, deutsches Ä, deutsches E, schwedisches E, deutsches I, schwedisches I scheinen eine Reihe zu bilden, wo die charakteristischen Tonhöhen immer weiter auseinander rücken. Beim schwedischen A ist der Tonhöhenunterschied eine Quarte, beim schwedischen I ist das höchste Gebiet wenigstens drei Octaven vom tiefsten entfernt. Nach Hermann scheint das deutsche I einen beinahe ebenso hohen Ton zu haben, wie das schwedische. Das schwedische I klingt jedenfalls heller; dies kann auch auf der grossen Anzahl von Theiltönen in der viergestrichenen Octave beruhen.

Mein Ö ist vielleicht etwas heller als das deutsche, mein Y entschieden heller als das deutsche Ü, es wird vom Deutschen leicht wie I aufgefasst. Das breite Ö in Öra, welches ich hier mit Ø bezeichnet habe, ist von allen deutschen Vocalen recht verschieden; das deutsche Ö liegt wohl zwischen meinem Ø und meinem Ö, jedenfalls vom letzteren Vocal weit weniger entfernt.

Zuletzt möchte ich Herrn Professor Hensen meinen warm empfundenen Dank sagen für die nie versagende Bereitwilligkeit, mit der er mir seit Jahren bald brieflich, bald mündlich gute Rathschläge gegeben hat. Auch dem Assistenten am hiesigen physiologischen Institut, Herrn Dr. Klein, bin ich für in liebenswürdigster Weise gewährte Hilfeleistung vielen Dank schuldig.

Anhang.

A. Gesungene Vocale.

Die Amplituden sind Mittelwerthe für die unten angegebenen Wellen.

A.

No. III 90.
128 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 25.

	Ampl.	Int.
I	4,5	0,0
II	5,8	0,2
III	2,7	0,1
IV	2,7	0,1
V	4,4	0,6
VI	14,2	9,2
VII	11,9	8,8
VIII	20,9	35,4
IX	17,7	32,1
X	8,8	9,8
XI	3,4	1,8
XII	3,2	1,9

No. III 91.
144 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 27.

	Ampl.	Int.
I	2,2	0,0
II	5,1	0,1
III	4,1	0,2
IV	4,5	0,4
V	10,6	3,8
VI	26,8	35,0
VII	15,0	14,9
VIII	21,5	40,0
IX	2,9	0,9
X	5,3	3,8
XI	2,1	0,7

No. III 92.
160 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 36.

	Ampl.	Int.
I	4,2	0,0
II	6,4	0,3
III	3,6	0,2
IV	6,0	1,0
V	16,8	12,0
VI	16,6	16,9
VII	21,6	38,9
VIII	14,9	24,2
IX	6,0	5,0
X	2,8	1,3
XI	1,3	0,3

No. III 96.
256 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 44.

	Ampl.	Int.
I	7,8	0,2
II	7,6	0,7
III	19,5	9,9
IV	25,5	30,1
V	26,9	52,4
VI	6,3	4,1
VII	1,5	0,3
VIII	1,6	0,5
IX	2,6	1,6
X	0,8	0,2

No. III 98.
412 V. D. A. P.
Wellen 1 u.101.

	Ampl.	Int.
I	14,2	0,6
II	23,8	7,1
III	57,0	91,6
IV	2,8	0,4
V	1,1	0,1
VI	1,1	0,1

No. III 81.
192 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 32.

	Ampl.	Int.
I	21,2	2,3
II	67,4	92,8
III	0,9	0,0
IV	0,8	0,1
V	1,1	0,2
VI	1,2	0,3
VII	2,2	1,2
VIII	2,6	2,2
IX	0,8	0,3
X	0,1	0,0
XI	0,9	0,5
XII	0,6	0,3

No. III 82.
259 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 74.

	Ampl.	Int.
I	48,5	17,8
II	19,4	11,4
III	2,0	0,3
IV	2,8	0,9
V	8,1	12,4
VI	11,9	38,6
VII	1,2	0,5
VIII	6,1	18,0

No. III 83.
370 V. D. A. P.
Wellen 1 u.119.

	Ampl.	Int.
I	89,0	95,9
II	3,2	0,5
III	2,4	0,6
IV	3,4	2,2
V	1,0	0,3
VI	1,0	0,4

No. III 84.
436 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 98.

	Ampl.	Int.
I	86,0	93,1
II	3,6	0,7
III	6,5	4,8
IV	1,4	0,4
V	0,6	0,1
VI	1,0	0,5
VII	0,9	0,5

E.

No. III 80.
160 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 17.

	Ampl.	Int.
I	9,9	0,5
II	61,4	74,8
III	8,3	3,1
IV	2,2	0,4
V	0,9	0,1
VI	1,0	0,2
VII	1,1	0,3
VIII	2,3	1,7
IX	3,2	4,1
X	3,1	4,8
XI	1,3	1,0
XII	1,4	1,1
XIII	1,4	1,6
XIV	2,5	6,1

I.

No. 24.
261 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 16.

	Ampl.	Int.
I	67,4	26,6
II	4,4	0,5
III	1,2	0,1
IV	0,9	0,1
V	1,5	0,3
VI	1,1	0,3
VII	1,4	0,6
VIII	7,0	18,3
IX	10,2	49,3
X	0,6	0,2
XI	1,4	1,4
XII	0,5	0,2
XIII	1,1	1,2
XIV	0,5	0,3
XV	0,8	0,8

No. 25.
293 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 18.

	Ampl.	Int.
I	85,5	86,0
II	1,4	0,1
III	0,9	0,1
IV	1,8	0,5
V	0,7	0,1
VI	0,9	0,3
VII	3,0	4,1
VIII	3,4	6,9
IX	0,4	0,1
X	1,3	1,6
XI	0,1	0,0
XII	0,2	0,1
XIII	0,4	0,3

O.

No. III 104.
192 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 8.

	Ampl.	Int.
I	20,5	1,9
II	71,8	95,6
III	7,7	2,5

No. III 106.
256 V D. H. P.
Wellen 1 u. 33.

	Ampl.	Int.
I	47,2	18,3
II	49,7	81,0
III	3,1	0,7

No. III 107.
340 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 96.

	Ampl.	Int
I	83,9	87,1
II	16,1	12,8

No. 40.
367 V. D. A. P.
Wellen 1, 2, 3, 4, 45 u. 81.

	Ampl.	Int.
I	90,5	95,8
II	9,5	4,2

No. III 108.
370 V. D. A. P.
Wellen 1 u 88.

	Ampl.	Int.
I	83,3	87,4
II	15,8	12,6
III	0,9	0,1

No. III 109.
400 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 82.

	Ampl.	Int.
I	81,9	86,5
II	15,8	12,9
III	2,4	0,7

U.

No. I 44.
146 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 7.

	Ampl.	Int.
I	12,2	0,7
II	67,8	86,1
III	5,2	1,1
IV	1,1	0,1
V	1,1	0,1
VI	2,3	0,9
VII	4,4	4,4
VIII	4,3	5,5
IX	1,6	1,0

No. I 41.
166 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 31.

	Ampl.	Int.
I	15,7	1,2
II	59,7	67,6
III	2,5	0,3
IV	2,0	0,3
V	0,7	0,1
VI	2,7	1,2
VII	9,1	19,2
VIII	5,5	9,2
IX	1,1	0,5
X	1,0	0,5

No. I 42.
211 V. D. H. P.
Wellen 1, 22, 27, 32 u. 37.

	Ampl.	Int.
I	65,8	37,7
II	14,4	7,2
III	1,9	0,3
IV	1,3	0,2
V	1,4	0,4
VI	12,9	52,1
VII	2,2	2,1

No. 42.
250 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 21.

	Ampl.	Int.
I	27.2	2,7
II	20,0	5,8
III	5,7	1,1
IV	3,1	0,6
V	27,5	68,8
VI	10,8	15,3
VII	5,7	5,8

No. III 75.
256 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 90.

	Ampl.	Int.
I	48,4	10,5
II	10,9	2,1
III	1,5	0,1
IV	7,7	4,3
V	26,4	78,7
VI	5,1	4,2

No. I 43.
277 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 17.

	Ampl.	Int.
I	80,2	67,3
II	2,5	0,3
III	0,6	0,0
IV	13,5	30,5
V	2,7	1,9
VI	0,3	0,0

No. I 38.
279 V. D. A. P.
Wellen 6, 7, 10, 11, 21 u. 22.

	Ampl.	Int.
I	90,8	95,8
II	2,0	0,2
III	1,3	0,2
IV	4,1	3,1
V	1,6	0,7
VI	0,2	0,0

No. I 39.
309 V. D. A P.
Wellen 1, 5 u. 6.

	Ampl.	Int.
I	81,5	77,5
II	3,3	0,5
III	3,1	1,0
IV	10,5	20,6
V	0,9	0,2
VI	0,7	0,2

No. I 40.
391 V. D. A. P.
Wellen 1, 2 u. 6.

	Ampl.	Int.
I	84,6	90,3
II	5,7	1,6
III	8,2	7,6
IV	1,5	0,5

Y.

No. I 57.
146 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 3.

	Ampl.	Int.
I	14,7	1,0
II	67,6	86,6
III	1,0	0,0
IV	1,8	0,2
V	0,6	0,0
VI	1,1	0,2
VII	2,3	1,2
VIII	1,7	0,9
IX	1,2	0,6
X	1,4	0,9
XI	1,2	0,8
XII	0,2	0,0
XIII	0,7	0,4
XIV	1,0	0,9
XV	1,0	1,1
XVI	0,9	1,0
XVII	1,7	4,0

No. I 58.
165 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 6.

	Ampl.	Int.
I	31,9	6,6
II	41,1	43,7
III	1,2	0,1
IV	0,9	0,1
V	1,1	0,2
VI	8,2	15,6
VII	1,5	0,7
VIII	1,9	1,5
IX	2,2	2,5
X	0,6	0,2
XI	0,8	0,5
XII	2,2	4,5
XIII	0,9	0,9
XIV	2,0	5,1
XV	3,5	17,8

No. I 59.
198 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 24.

	Ampl.	Int.
I	70,4	59,1
II	9,8	4,6
III	0,8	0,1
IV	0,8	0,1
V	8,3	20,5
VI	1,2	0,6
VII	2,1	2,6
VIII	1,1	0,9
IX	1,0	1,0
X	2,8	6,8
XI	0,8	0,9
XII	1,4	3,4

No. I 60.
256 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 6.

	Ampl.	Int.
I	88,3	91,4
II	1,5	0,1
III	0,8	0,0
IV	1,3	0,3
V	2,0	1,2
VI	1,0	0,4
VII	1,2	0,8
VIII	2,3	4,0
IX	0,6	0,3
X	1,0	1,2
XI	0,4	0,2

No. I 61.
320 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 7.

	Ampl.	Int.
I	80,1	83,6
II	3,2	0,5
III	5,8	3,9
IV	3,1	2,0
V	1,5	0,7
VI	3,6	6,1
VII	0,8	0,4
VIII	1,7	2,4
IX	0,5	0,3

Å

No. I 64.
131 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 17.

	Ampl.	Int.
I	8,3	0,4
II	53,0	61,4
III	12,1	7,2
IV	15,4	20,7
V	5,8	4,6
VI	5,4	5,7

No. I 65.
146 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 14.

	Ampl.	Int.
I	13,4	1,1
II	34,4	28,0
III	20,1	21,5
IV	14,5	19,9
V	18,1	25,3
VI	4,5	4,3

No. III 70.
160 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 42.

	Ampl.	Int.
I	3,8	0,1
II	28,8	12,9
III	44,3	68,5
IV	15,1	14,1
V	6,6	4,2
VI	1,4	0,3

No. I 66.
197 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 17.

	Ampl.	Int.
I	40,6	16,5
II	33,1	43,9
III	17,2	26,7
IV	9,0	13,0

No. III 71.
220 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 64.

	Ampl.	Int.
I	4,4	0,1
II	70,8	86,6
III	15,1	8,9
IV	7,5	3,9
V	2,2	0,5

No. I 67.
243 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 34.

	Ampl.	Int.
I	61,9	48,8
II	26,3	35,2
III	11,8	16,0

No. I 71.
243 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 41.

	Ampl.	Int.
I	61,3	47,0
II	29,4	43,3
III	9,3	9,7

No. III 72.
256 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 81.

	Ampl.	Int.
I	8,4	3,3
II	62,5	73,1
III	22,7	21,7
IV	3,9	1,1
V	2,5	0,7

No. I 68.
318 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 28.

	Ampl.	Int.
I	51,2	29,9
II	30,3	41,9
III	16,4	27,6
IV	0,8	0,1
V	1,3	0,5

No. III 73.
340 V. D. A. P.
Wellen 1 u 28.

	Ampl.	Int.
I	50,3	21,4
II	48,1	78,4
III	1,6	0,2

No. I 69.
376 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 28.

	Ampl.	Int.
I	33,6	8,8
II	49,8	77,2
III	7,7	4,2
IV	8,9	9,9

A.

No. III 41.
128 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 64.

	Ampl.	Int.
I	4,7	0,0
II	5,1	0,1
III	5,1	0,3
IV	3,5	0,2
V	3,7	0,4
VI	16,9	11,6
VII	3,2	0,6
VIII	5,9	2,5
IX	4,0	1,5
X	14,5	23,8
XI	12,6	21,7
XII	14,5	34,2
XIII	2,7	1,4
XIV	2,4	1,3
XV	1,2	0,4

No. III 43.
170 V. D. H. P.
Wellen 1, 46 u. 91.

	Ampl.	Int.
I	8,3	0,1
II	8,2	0,4
III	2,2	0,1
IV	6,5	1,0
V	8,8	2,7
VI	5,7	1,6
VII	7,5	3,9
VIII	19,5	34,2
IX	18,7	39,7
X	10,2	14,6
XI	3,0	1,5
XII	0,6	0,1
XIII	0,9	0,2

No. III 44.
192 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 91.

	Ampl.	Int.
I	10,8	0,1
II	7,3	0,3
III	3,2	0,1
IV	17,2	6,1
V	2,2	0,2
VI	6,0	1,7
VII	24,3	37,2
VIII	25,4	53,1
IX	3,5	1,3

No. III 45.
220 V. D. H. P.
Welle 1.

Ampl.		Int.
I	5,4	0,0
II	5,8	0,1
III	6,1	0,4
IV	10,7	2,0
V	4,6	0,6
VI	35,9	51,6
VII	28,6	44,6
VIII	3,0	0,6

No. III 46.
256 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 16.

Ampl.		Int.
I	6,2	0,1
II	3,8	0,1
III	15,0	3,0
IV	6,7	1,0
V	32,5	38,6
VI	32,8	56,6
VII	3,0	0,6

No. III 47.
310 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 95.

Ampl.		Int.
I	21,0	1,8
II	10,4	1,3
III	12,6	4,2
IV	28,8	38,8
V	27,3	54,5

No. III 50.
490 V. D. A. P.
Welle 1.

Ampl.		Int.
I	15,0	—
II	69,6	—
III	11,7	—
IV	2,7	—
V	0,9	—

No. III 50.
490 V. D. A. P.
Wellen 170 u. 236.

Ampl.		Int.
I	11,9	0,7
II	64,6	82,8
III	18,4	15,2
IV	3,7	1,1
V	1,4	0,2

ö.

No. III 31.
160 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 72.

Ampl.		Int.
I	14,1	0,9
II	49,0	44,5
III	11,4	5,4
IV	2,3	0,4
V	1,2	0,2
VI	0,9	0,1
VII	0,8	0,1
VIII	4,8	6,8
IX	4,3	6,9
X	7,6	26,8
XI	3,7	7,7

No. III 32.
170 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 59½

Ampl.		Int.
I	13,0	0,8
II	58,6	67,1
III	4,6	0,9
IV	2,0	0,3
V	1,7	0,4
VI	1,5	0,4
VII	1,8	0,8
VIII	3,7	4,3
IX	5,6	12,4
X	4,8	11,3
XI	0,9	0,5
XII	0,6	0,3
XIII	0,7	0,4
XIV	0,5	0,2

No. 41.
199 V. D. H. P.
Wellen 1, 15 u. 29.

Ampl.		Int.
I	4,6	0,1
II	74,4	72,7
III	0,6	0,0
IV	1,6	0,1
V	2,0	0,3
VI	0,8	0,1
VII	2,6	1,1
VIII	1,1	0,3
IX	9,5	24,0
X	1,0	0,3
XI	0,5	0,1
XII	1,4	0,9

No. III 33.
220 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 87.

Ampl.		Int.
I	12,3	0,7
II	55,6	57,3
III	2,1	0,2
IV	3,6	1,0
V	2,8	0,9
VI	9,6	15,4
VII	9,5	20,5
VIII	3,5	3,6
IX	1,1	0,5

No. III 34.
240 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 79.

Ampl.		Int.
I	28,2	2,3
II	20,0	4,6
III	1,8	0,1
IV	1,4	0,1
V	5,5	2,2
VI	16,6	28,3
VII	20,8	60,5
VIII	2,1	0,8
IX	1,8	0,7
X	1,0	0,3
XI	0,8	0,2

No. III 35.
256 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 46.

Ampl.		Int.
I	35,3	4,8
II	16,4	4,1
III	1,7	0,1
IV	7,1	3,1
V	12,0	13,8
VI	22,8	71,6
VII	2,8	1,5
VIII	2,0	1,0

No. III 36.
310 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 62.

Ampl.		Int.
I	61,2	26,2
II	9,0	2,3
III	2,2	0,3
IV	6,0	4,0
V	19,4	65,9
VI	2,2	1,2

No. III 38.
370 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 5.

Ampl.		Int.
I	88,2	95,3
II	4,3	0,9
III	2,2	0,5
IV	3,8	2,8
V	0,9	0,2
VI	0,6	0,2

No. III 39.
424 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 66.

Ampl.		Int.
I	85,6	87,9
II	1,1	0,1
III	6,3	4,3
IV	6,3	7,6
V	0,7	0,1

No. III 39.
424 V. D. A. P.
Wellen 74 u. 84.

Ampl.		Int.
I	81,7	86,6
II	5,1	1,3
III	7,0	5,7
IV	5,4	6,1
V	0,9	0,3

No. III 40.
490 V. D. A. P.
Wellen 1 u. 94.

Ampl.		Int.
I	77,9	79,1
II	6,5	2,2
III	12,0	16,9
IV	2,7	1,5
V	0,9	0,3

Ø.

No. III 52.
160 V. D. H. P.
Wellen 1 u. 83.

Ampl.		Int.
I	3,4	0,0
II	11,5	0,9
III	4,7	0,3
IV	23,8	15,3
V	4,2	0,7
VI	6,4	2,5

Ampl.		Int.
VII	15,2	19,2
VIII	22,8	56,3
IX	5,2	3,7
X	2,2	0,8
XI	0,8	0,1

No. III 53.

470 V. D. H. P.

Wellen 1 u. 92.

Ampl.		Int.
I	4,8	0,0
II	11,1	0,9
III	5,5	0,5
IV	24,9	18,9
V	2,1	0,2
VI	9,3	5,9
VII	22,4	46,9
VIII	13,8	23,2
IX	4,1	2,6
X	2,0	0,8

No. III 54.

192 V. D. H. P.

Wellen 1 u. 100.

Ampl.		Int.
I	7,3	0,1
II	18,4	2,9
III	11,4	2,5
IV	11,1	4,2
V	7,1	2,7
VI	15,2	17,8
VII	25,3	67,3
VIII	4,2	2,4

No III 55.

210 V. D. H. P.

Wellen 1 u. 99.

Ampl.		Int.
I	12,1	0,6
II	15,6	3,9
III	34,1	41,6
IV	3,9	1,5
V	9,1	8,2
VI	16,3	38,0
VII	4,9	4,7
VIII	1,8	0,8
IX	0,8	0,2
X	0,5	0,1
XI	0,9	0,4

No. 35.

231 V. D. H. P.

Wellen 1, 7 u. 21.

Ampl.		Int.
I	5,7	0,1
II	9,7	0,7
III	18,1	5,5
IV	3,7	0,4
V	17,2	13,8
VI	33,3	74,6
VII	5,0	2,3
VIII	1,2	0,2
IX	2,4	0,9
X	1,5	0,4
XI	2,2	1,1

No. III 56.

240 V. D. H. P.

Wellen 1 u. 93.

Ampl.		Int.
I	8,7	0,2
II	17,6	3,8
III	25,3	17,5
IV	11,8	6,8
V	30,1	69,0
VI	3,9	1,7
VII	2,6	1,0

No. III 57.

256 V. D. H. P.

Wellen 1 u. 125.

Ampl.		Int.
I	8,6	0,2
II	13,8	2,2
III	12,5	4,1
IV	21,4	21,4
V	29,6	63,9
VI	7,1	5,3
VII	1,5	0,3
VIII	1,5	0,4
IX	2,7	1,7
X	1,3	0,5

No. III 58.

370 V. D. A. P.

Wellen 1 u. 168.

Ampl.		Int.
I	29,5	6,5
II	44,3	58.5
III	9,5	6,1
IV	15,5	28,7
V	1,2	0,3

No. III 59.

412 V. D. A. P.

Platte α.

Wellen 1 u. 9.

Ampl.		Int.
I	18,0	2,0
II	53,3	69,1
III	19,0	19,8
IV	9,7	9,2

No. III 59.

412 V. D. A. P.

Platte β.

Welle 1.

Ampl.		Int.
I	18,6	—
II	58,9	—
III	13,3	—
IV	9,1	—

No. III 59.

412 V. D. A. P.

Platte β.

Welle 24.

Ampl.		Int.
I	19,8	—
II	58,2	—
III	14,5	—
IV	7,5	—

No. III 59.

412 V. D. A. P.

Platte β.

Welle 171.

Ampl.		Int.
I	24,7	—
II	57,2	—
III	7,8	—
IV	10,3	—

B. Gesprochene Vocale.

E.

No. 20. 216 V. D.

Welle 62.

Ampl.		Int.
I	6,1	0,2
II	61,1	62,6
III	2,2	0,2
IV	4,5	1,4
V	1,9	0,4
VI	1,7	0,4
VII	2,8	1,6
VIII	3,7	3,7
IX	3,9	5,2
X	5,2	11,3
XI	3,7	6,9
XII	3,2	6,2

No. 20. 219 V. D.

Welle 63.

Ampl.		Int.
I	5,2	0,1
II	64,5	70,0
III	3,7	0,5
IV	3,6	0,9
V	1,3	0,2
VI	1,8	0,5
VII	4,4	4,0
VIII	3,6	3,5
IX	2,6	2,3
X	5,1	10,9
XI	1,0	0.5
XII	3,3	6,6

No. 20. 308 V. D.

Welle 33.

Ampl.		Int.
I	23,4	2,0
II	24,4	8,6
III	3,5	0,4
IV	1,4	0,1
V	11,9	12,8
VI	4,6	2,8
VII	11,9	25,1
VIII	13,8	44,1
IX	2,7	2,1
X	2,3	1,9

U.

No. 14a. 323 V. D.
Welle 50.

	Ampl.	Int.
I	86,3	80,3
II	1,7	0,1
III	0,9	0,1
IV	10,6	19,4
V	0,6	0,1

No. 14a. 326 V. D.
Welle 49.

	Ampl.	Int.
I	82,8	77,1
II	2,4	0,3
III	1,8	0,3
IV	10,8	21,0
V	2,2	1,4

No. 14a. 337 V. D.
Welle 28.

	Ampl.	Int.
I	79,5	71,6
II	1,7	0,1
III	3,6	1,3
IV	10,9	21,7
V	4,3	5,2

No. 14a. 339 V. D
Welle 39.

	Ampl.	Int.
I	75,2	53,8
II	2,1	0,2
III	3,7	1,2
IV	17,1	44,1
V	1,8	0,7

No. 14a. 339 V D.
Welle 40.

	Ampl.	Int.
I	75,0	53,7
II	1,4	0,1
III	4,0	1,4
IV	16,8	43,0
V	2,8	1,8

Y.

No. 16. 260 V. D.
Welle 8.

	Ampl.	Int.
I	64,6	31,8
II	3,5	0,4
III	1,5	0,1
IV	3,6	1,6
V	4,1	3,2
VI	3,1	2,6
VII	6,1	13,9
VIII	8,6	36,1
IX	3,9	9,4
X	1,1	0,9

No. 16. 299 V. D.
Welle 21.

	Ampl.	Int.
I	72,7	46,1
II	1,3	0,0
III	1,0	0,0
IV	1,2	0,1
V	2,8	1,1
VI	3,1	2,0
VII	4,6	6,0
VIII	11,1	42,6
IX	2,2	2,2

No. 16. 300 V. D.
Welle 23.

	Ampl.	Int.
I	71,0	32,3
II	2,8	0,2
III	1,3	0,1
IV	1,3	0,2
V	1,1	0,2
VI	2,5	1,5
VII	6,8	14,5
VIII	10,8	47,9
IX	2,5	3,2

No. 16. 327 V. D.
Welle 41.

	Ampl.	Int.
I	82,7	67,1
II	1,2	0,1
III	1,0	0,1
IV	2,3	0,8
V	2,0	1,0
VI	1,7	1,0
VII	7,7	28,5
VIII	1,5	1,5

Å.

No. 22. 307 V. D.
Welle 28.

	Ampl.	Int.
I	12,5	0,4
II	6,7	0,4
III	16,3	5,8
IV	9,6	3,6
V	21,5	28,1
VI	25,4	56,4
VII	2,7	0,9
VIII	5,3	4,4

No. 22. 344 V. D.
Welle 38.

	Ampl.	Int.
I	16,3	0,7
II	6,0	0,4
III	10,8	2,7
IV	26,2	28,6
V	30,9	62,3
VI	4,5	1,9
VII	5,2	3,6

No. 22. 347 V. D.
Welle 40.

	Ampl.	Int.
I	16,9	0,8
II	6,0	0,4
III	9,2	2,1
IV	25,4	28,5
V	28,7	57,1
VI	9,0	8,1
VII	4,8	3,1

No. 22. 369 V. D.
Welle 57.

	Ampl.	Int.
I	31,7	3,8
II	6,9	0,7
III	5,1	0,9
IV	23,3	32,5
V	24,6	56,8
VI	5,1	3,5
VII	3,3	2,0

O.

No. 19. 275 V. D.
Welle 19.

	Ampl	Int.
I	23,8	1,6
II	17,9	3,6
III	1,4	0,0
IV	2,8	0,3
V	11,5	9,1
VI	14,7	21,6
VII	20,2	55,5
VIII	2,1	0,8
IX	5,7	7,3

No. 19. 275 V. D.
Welle 20.

	Ampl.	Int.
I	22,6	1,4
II	17,3	3,2
III	1,2	0,0
IV	0,7	0,0
V	11,9	9,4
VI	17,4	28,9
VII	19,0	46,9
VIII	3,9	2,6
IX	6,0	7,7

No. 19. 291 V. D.
Welle 32.

	Ampl.	Int
I	31,7	4,2
II	16,9	4,8
III	2,5	0,2
IV	2,5	0,4
V	9,1	8,7
VI	16,4	40,6
VII	9,1	16,7
VIII	8,8	21,3
IX	3,0	3,1

No. 19. 294 V. D.
Welle 33.

	Ampl.	Int.
I	29,3	3,6
II	19,8	6,5
III	1,4	0,1
IV	2,6	0,4
V	9,9	10,2
VI	17,0	43,3
VII	9,3	17,6
VIII	7,5	15,0
IX	3,2	3,3

Abweichungen der Amplituden von den oben gegebenen arithmetischen Mittelzahlen.

A.

		Grösste	Durchschnitt
III	90	1,1	0,6
III	91	0,9	0,4
III	92	0,5	0,2
III	96	0,8	0,3
III	98	0,7	0,3

E.

		Grösste	Durchschnitt
III	80	1,2	0,5
III	81	0,7	0,2
III	82	0,9	0,4
III	83	1,1	0,5
III	84	0,4	0,2

I.

		Grösste	Durchschnitt
	24	1,3	0,4
	25	0,4	0,1

O.

		Grösste	Durchschnitt
III	104	1,0	0,6
III	106	1,1	0,7
III	107	0,1	0,1
	40	2,2	1,4
III	108	0,6	0,4
III	109	0,2	0,1

U.

		Grösste	Durchschnitt
I	44	1,3	0,3
I	41	1,7	0,4
I	42	1,9	0,5
	42	1,1	0,8
III	75	1,8	0,7

		Grösste	Durchschnitt
I	43	0,6	0,3
I	38	0,6	0,2
I	39	0,5	0,3
I	40	0,7	0,3

Y.

		Grösste	Durchschnitt
I	57	0,8	0,3
I	58	1,5	0,3
I	59	0,5	0,2
I	60	0,6	0,2
I	61	0,6	0,3

Å.

		Grösste	Durchschnitt
I	64	0,7	0,4
I	65	1,0	0,6
III	70	0,8	0,4
I	66	1,2	0,7
III	71	1,0	0,4
I	67	2,0	1,3
I	71	2,7	1,8
III	72	0,7	0,4
I	68	0,8	0,5
III	73	1,0	0,7
I	69	2,1	1,1

A.

		Grösste	Durchschnitt
III	41	1,4	0,6
III	43	2,2	0,8
III	44	1,9	0,8

		Grösste	Durchschnitt
III	46	1,1	0,5
III	47	1,3	0,6
III	50	1,8	0,9
W. 170 u. 236.			

O.

		Grösste	Durchschnitt
III	31	0,7	0,4
III	32	2,0	0,8
	41	2,0	0,5
III	33	5,4	1,6
III	34	1,5	0,6
III	35	2,0	0,9
III	36	1,8	0,8
III	38	0,3	0,1
III	39	0,2	0,1
W. 1 u. 66			
III	39	0,5	0,3
W. 74 u. 84			
III	40	1,9	0,9

Ø.

		Grösste	Durchschnitt
III	52	1,1	0,4
III	53	1,7	0,5
III	54	0,6	0,3
III	55	3,7	0,8
	85	3,3	0,8
III	56	1,5	0,7
III	57	1,0	0,4
III	58	0,7	0,4
III	59α	0,9	0,5

Dass nur ein Bruchtheil dieser Schwankungen auf Messungsfehlern beruht, zeigen später mitzutheilende Berechnungen mittels der Methode der kleinsten Quadrate. Auch finden sich auffallend häufig die grössten Abweichungen bei den grössten Amplituden. Thatsächliche Schwankungen sind natürlich den Amplituden proportionell, der wahrscheinliche Messungsfehler ist von der Amplitudengrösse unabhängig. Ich habe dies erwähnt, um zu rechtfertigen, dass ich sogar sehr kleine Amplituden als reell betrachtet habe. Nach der Veröffentlichung meiner vollständigen Zahlenreihe wird die Berechtigung meines Verfahrens sofort einleuchten.

Grösste Abweichung der Phasen von den Mittelzahlen
(in ganzen Graden ausgedrückt).

A.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 90	23	15	10
III 91	58	6	1
III 92	9	4	2
III 96	5	2	1
III 98	7	—	10

E.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 80	14	5	1
III 81	15	—	3
III 82	30	12	5
III 83	3	—	4
III 84	3	0	1

O.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 104	—	11	7
III 106	9	—	1
III 107	—	—	4
III 108	—	—	0
III 109	—	—	2

U.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 75	—	11	6

Å.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 70	—	0	3
III 71	1	6	2
III 72	2	2	1
III 73	—	—	3

A.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 41	47	14	1
III 43	18	8	11
III 44	13	3	8
III 46	2	5	1
III 47	—	—	4
III 50 W. 170 u. 236	6	—	5

O.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 31	8	0	3
III 32	18	13	8
III 33	84	4	10
III 34	48	13	4
III 35	48	7	7
III 36	33	6	2
III 38	5	—	0
III 39 W. 1 u. 66	—	9	0
III 39 W. 74 u. 84	—	4	0
III 40	21	16	0

Ø.

Für Töne m. d. Amplitude	2—5%	5—10%	10—100 %
III 52	11	8	1
III 53	80	6	7
III 54	6	4	3
III 55	8	8	9
III 56	24	1	
III 57	4	2	3
III 58	—	2	1
III 59α	—	0	2

Tabelle über die Resonanzhöhen und die Resonanzbreiten.
(Erklärung der Tabelle S. 578.)

A							gis^2_8	cis^3_8							
E		f^1_{12}									fis^3_4			cis^4_1	
I	d^1_{12}													cis^4_3	fis^4_1
O			g^1_{12}												
U	d^1_{12} – f^1_{12}								d^3_5						
Y	d^1_{12}												c^4_1		
Å				h^1_{18}											
Ä						g^2_5					fis^3_{10}				
Ö		f^1_{12}										g^3_5			
Ø					e^2_6					dis^3_7					

Physiologische Untersuchungen an Eledone moschata.

Von

J. von Uexküll.

(Aus dem physiologischen Institut der zoologischen Station zu Neapel.)

IV.

Zur Analyse der Functionen des Centralnervensystems.

(Mit Tafel VII u. VIII.)

Klemensiewicz[1]) und Steiner[2]) verdanken wir die ersten Kenntnisse über die Functionen des Centralnervensystems bei den Octopoden. Vor allem ist die Entdeckung des Chromotophoren-Reflexes vom Sehganglion aus durch Klemensiewicz zu verdienter Werthschätzung gelangt. Jedoch ist sie nicht die einzige Beobachtung dieses Forschers. Eine Anzahl von Durchschneidungs- wie Reizversuchen sind vom demselben ausgeführt worden, die ich durchweg bestätigen kann, und auf die ich an geeigneter Stelle zurückkommen werde.

Steiner's Angaben kann ich nur zum Theil folgen, sie kranken zumeist an dem Umstand, dass er es unterlassen hat genau zu unterscheiden, ob der Schnitt Ganglienzellen oder Nerven getroffen hat.

Leider vermisst man bei beiden Autoren die Angabe der Methode zur Fesselung der Octopoden. Fredericq spricht sich

---

1) Klemensiewicz, Beiträge zur Kenntniss des Farbenwechsels der Cephalopoden. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. 1878 (Math.-Nat. Classe).

2) Steiner, Die Functionen des Centralnervensystems der wirbellosen Thiere. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1890 (Phys.-Math. Classe).

in seiner Physiologie du poulpe commun[1]) über die Schwierigkeiten aus, die einer ausreichenden Fesselung der Cephalopoden entgegenstehen, und löst die Frage, indem er das Thier einfach annagelt. Dieses Verfahren ist aber unzulässig, wenn das Thier die Operation überleben soll, ohne die unangenehmsten Begleiterscheinungen an den verletzten Armen zu zeigen. Nach mannigfachen Misserfolgen ist es mir geglückt, alle Schwierigkeiten in befriedigender Weise zu lösen.

Fesselung.

Ein an beiden Enden offener Schlauch aus grober Leinwand, der 30 cm in der Länge und 22 cm im Umfang misst, wird von rückwärts über die Eledone gezogen (bei Octopus bediene man sich eines grösseren Schlauches) und mittels einer eingenähten Schnur halskrausenförmig dicht hinter dem Ansatz der Arme mit aller Kraft zugezogen und festgebunden. Da die Gefahr besteht, dass der Schädel unter der Schnur nach vorne rutscht, so muss man durch einen Assistenten das Thier lang ziehen lassen. Auch muss darauf geachtet werden, dass der Trichter nicht mit eingebunden wird. Einerseits ist es wünschenswerth so viel wie möglich vom Kopfe frei zu lassen, andrerseits ist die ganze Fesselung umsonst, sowie man nicht hinter, sondern auf den Armen gebunden hat; denn die Octopodenarme vermögen sich aus jeder Schlinge herauszuziehen. Der Schlauch wird nun über die Arme herübergezogen und noch zweimal, während er straff gespannt wird, mit dünner Schnur um die Arme eingebunden.

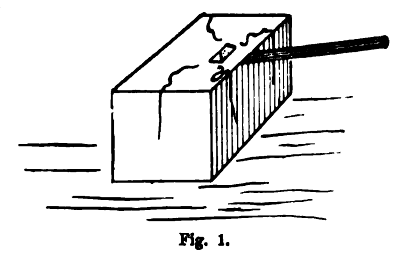


Fig. 1.

Schon jetzt ist das Thier ziemlich hilflos; um dasselbe jedoch ganz zu fesseln, muss es noch auf nebenstehenden Tisch Fig. 1 aufgebunden werden. Dieser Tisch besteht aus einem mit Blei beschwerten Holzkasten, der in der Mitte einen Korkkeil als Kopfstütze trägt. Vor und hinter diesem Keil befinden sich jederseits zwei Schnüre, die dazu dienen, den Kopf

1) Archiv de Zoologie experim. 78.

für sich gesondert zu fixiren. Die Fessel, die hinter dem Kopf sitzt, darf nicht übermässig angezogen werden, um die Athmung nicht zu behindern.

Die im Schlauch eingeschlossenen Arme werden noch zweimal auf den Stab aufgebunden, der vorne dem Tisch ansitzt. Dadurch werden die Arme daran gehindert, sich nach rückwärts mit dem Schlauch über den Kopf zu ziehen.

Die Grösse des Tisches ersieht man aus der Photographie. Das Wesentliche an dieser Art der Fesselung ist der Umstand, dass die Saugnäpfe auf Leinwand nicht haften, und die Arme daher keine Stütze finden, an der sie sich anstemmen könnten, um nach rückwärts durch die Schlinge zu kriechen, die sich hinter ihrem Ansatz befindet. Tisch und Thier werden hierauf in ein Bassin gesenkt, das soweit mit Seewasser gefüllt ist, dass nur noch die oberen Partien des Kopfes heraussehen.

Will man im Verlauf der Operation die Arme controlliren, so entfernt man die Schnüre, die dem Schlauch aufgebunden sind, und streift denselben bis auf seine Ansatzstelle zurück. Vorher muss man jedoch das Bassin mit einem Leinwandtuch bedeckt haben, das ringsum unter dem Thier, aber über dem Tisch fest gesteckt wird, damit die freigewordenen Arme keinen Anheftepunkt finden, von dem aus sie den ganzen Tisch umreissen könnten.

Präparation.

Nachdem man sich äusserlich mit dem Finger davon überzeugt hat, wo die feste Schädelkapsel liegt, schneidet man über derselben Haut und Muskel weg. Man ist erst dann orientiert, wenn man die kurze breite Verbindungssehne der beiden Augen vor sich hat. Diese ist auf dem Scheitel des Kopfknorpels festgewachsen. Ein Schnitt in der Medianebene eröffnet unmittelbar die Schädelhöhle, und das Gehirn liegt vor uns. Nur von oben kommend kann man unblutig und ohne Verletzung von Sinnesorganen an's Gehirn heran.

Um an die tieferen Partien des Hirnes heran zu kommen, muss man ein Auge opfern. Nun ändert der Verlust eines Auges mit oder ohne dem dahinterliegenden Sehganglion am Benehmen des Thieres nichts, während ein ganz geblendetes Thier sich nur noch

tastend fortbewegt, aber jeder Schnitt durch die Sclerotica, die hier eine durch Blutdruck straffgespannte musculöse Orbita bildet, in der sich der Bulbus bewegt, ruft allmählich Verblutung hervor.

Von unten liegen neben starken Gefässen die Otolitenbläschen vor, deren Entfernung sehr entstellend auf die Bewegungen des Thieres einwirkt, sodass sich dieser Weg fast ganz verbietet.

Das Gehirn liegt in einer klebrigen, halbflüssigen Masse eingebettet die sich nicht leicht entfernen lässt.

Je nach Art der Operation leben die Thiere einige Stunden bis zu einer Woche. Die meisten zeigen unmittelbar nach der Operation einen leichten Shock, der sich jedoch bald giebt. Die späteren Erscheinungen bleiben dann bis zum Ende constant.

Eine Verheilung an den Schnittstellen tritt nie ein, dagegen zeigen die Nahtstellen eine eigenthümliche rothviolette Verfärbung, die wohl bacteriellen Einflüssen zuzuschreiben ist.

Zur Reizung diente mir ein grosser Dubois'scher Schlitten, der mit einem Chromsäureelement verbunden war. Die Stromstärke wurde jedesmal an der Haut des Thieres selbst aufgesucht. Wenn die Chromotophoren energisch antworteten (was viel eher geschieht als bei den Mantelmuskeln) wurde gereizt.

Anatomie des Centralnervensystems.

Bevor ich näher auf das Centralnervensystem der Octopoden eingehe, ist es angebracht, die Elemente desselben von allgemeinen Gesichtspunkten aus zu classificiren, die sowohl den anatomischen wie den physiologischen Ansprüchen gerecht werden, ohne jedoch unbewiesene Theorien mit hineinzuziehen. Das Centralnervensystem der Cephalopoden besteht, wie das fast aller Wirbellosen, aus einzelnen Ganglienanschwellungen, die mehr oder weniger mit einander verschmolzen sind und kurz Ganglien genannt werden. Charakteristisch für die Cephalopoden ist die Trennung der Elemente in den einzelnen Ganglien, die eine Unterscheidung einer grauen Hülle von einem weissen Faserkern gestattet. Diejenigen Ganglien, die mit motorischen oder sensibelen Nerven in Verbindung stehen und die zugleich die Anfangs- und Endstationen der Erregungen im Gehirn bilden, werde ich peripherische Ganglien nennen. Diese

peripherischen Ganglien können durch andere Ganglien mit einander verknüpft sein, die selbst keine oder doch nur nebensächliche Verbindungen mit der Aussenwelt haben; diese werde ich Centralganglien nennen.

Nun zeigen die Cephalopoden noch andere Ganglien, die diesen Centralganglien aufgelagert sind und nur mit diesen Verbindungen eingehen; ich möchte diese allein als Cerebralganglien bezeichnet wissen. Obgleich mit diesem Wort vielleicht schon zuviel ausgesagt ist, so wird sich doch zeigen, dass, in diesem Fall wenigstens, denselben neben ihrer ausgezeichneten anatomischen Stellung noch sehr charakteristische physiologische Eigenschaften zukommen.

Eine genauere anatomische Beschreibung des Centralnervensystems von Octopus und Eledone, die sich in allen wesentlichen Punkten durchaus gleichen, ist schon oft gegeben worden; doch mag eine Schilderung der gröberen anatomischen Verhältnisse zur Erläuterung des Folgenden und zum besseren Verständniss der Figuren hier ihren Platz finden. Ich folge hierbei Dietl's[1]) eingehender Arbeit: „Untersuchungen über die Organisation des Gehirns wirbelloser Thiere“.

Man unterscheidet zwei Gehirnmassen, zwischen denen der Oesophagus sich befindet, als Supra-Oesophagealportion und Sub-Oesophagealportion. Diese werden jederseits durch zwei, im Ganzen vier, Commissuren verbunden, die man als vorderes und hinteres Commissurenpaar unterscheidet. Grob ausgedrückt befindet sich der Oesophagus in einem offenen Rohr, das noch jederseits ein Loch hat.

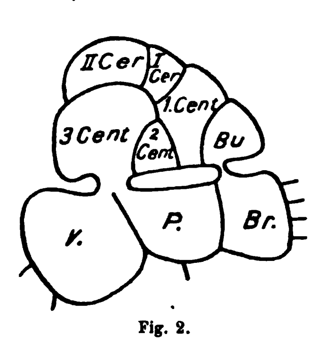


Fig. 2.

Werfen wir einen Blick auf nebenliegendes Schema, das ich gleichfalls Dietl entnehme, so sehen wir in Fig. 2 der unteren Partie drei Ganglien liegen, die von fast allen Autoren übereinstimmend bezeichnet werden. Ganz vorne befindet sich das Brachialganglion, aus dem, wenigstens äusserlich, sämmtliche Armnerven entspringen; ferner treten, von oben kommend, die vorderen

1) Sitzungsber. d. kaiserl. Akad. zu Wien, Bd. 77, 1878, 1. Abth.

Commissuren jederseits in dasselbe ein. Nach rückwärts schliesst sich ihm das Pedalganglion an, so genannt, weil es die Nerven zum Trichter entsendet, der als Homologon des Fusses der übrigen Mollusken gilt. Ausserdem versorgt das Pedalganglion die Muskulatur des Kopfes und dessen Haut mit Nerven, auch tritt jederseits der Nerv der Otolitenbläschen in dasselbe ein.

Das dritte, am weitesten nach hinten gelegene Ganglion heisst Visceralganglion. Thatsächlich entstammen ihm nur ein Theil der Eingeweidenerven: die paarigen Visceralnerven oder Vagi, von den Physiologen so genannt, weil einige Fasern derselben die Herzbewegungen zum Stillstand bringen. Der grösste Nerv des ganzen Thieres wurzelt gleichfalls in diesem Ganglion; es ist dies der Mantelnerv, der zum Stellarganglion führt. Die Visceralnerven treten näher der Medianebene, die Mantelnerven mehr lateralwärts aus.

Sowohl Visceral- wie Pedalganglion sind durch die hinteren grossen Commissuren jederseits mit der Supra-Oesophagealpartie verbunden. Alle drei genannten Ganglien (die eigentlich Doppelganglien sind, von denen jede Hälfte die entsprechende Körperhälfte mit Nerven versorgt) rechne ich zu den peripherischen Ganglien. Als viertes reiht sich ihnen das vorderste Ganglion der Supra-Oesophagealpartie an, das den vorderen Commissuren aufsitzt und Nerven zur Bucca entsendet.

Dietl nennt dasselbe Supraösophageal-Ganglion, während er die gesammte obere Masse als Suprapharyngealportion bezeichnet. Dies erweckt die Vorstellung, als läge dieses Ganglion ganz nach hinten, während es gerade das vorderste ist. Man bezeichnet es am besten als Buccalganglion, wogegen das an der Bucca selbst anliegende Ganglion aus später zu erörternden Gründen Buccointestinalganglion heissen mag.

Die hinteren und grösseren Commissuren bilden unter ihrem Ansatz an die obere Schlundmasse eine Vorwölbung nach aussen; diese ganze verdickte Partie der Commissuren möchte ich der Bequemlichkeit halber als Stiel von dem unteren dünneren Commissurentheil unterscheiden. Auf diesem Stiel sitzt rechtwinklig der Pedunculus optici auf, der nach Durchbohrung des Schädelknorpels in das grosse, bohnenförmige Ganglion optici oder Sehganglion mündet. Hart an

der Eintrittstelle des Pedunculus sitzt dem Sehganglion das Ganglion Pedunculi von Form und Grösse eines Stecknadelkopfes auf. Dasselbe galt als Ganglion olfactivum, bis Klemensiewicz seine Beziehungen zum Farbenwechsel klarlegte.

Von dem convexen Rande des Sehganglions strahlen die Opticusfasern in gleichmässiger Reihe nach dem Augenbulbus hin aus, um sich dort gleichfalls in einer Linie anzusetzen. An Chromsäurepräparaten, von denen die Zeichnungen stammen, sieht man die Fasern zum Theil von der dem Auge des Thieres abgewandten Seite des Sehganglions herkommen.

Mit dem Sehganglion, das ein sensibeles peripherisches Ganglion ist, ist die Reihe der peripherischen Ganglien des Centralnervensystems abgeschlossen.

Wir kommen jetzt zu den Centralganglien, die die Verbindung sämmtlicher übrigen Ganglien bilden. Ihrer sind drei, die man der Ziffer nach unterscheiden kann. Das erste liegt nach hinten dem Buccalganglion an, tritt aber ausserdem zu den vorderen Commissuren in Beziehung und schliesst sich mit der hinteren Seite an das zweite Centralganglion, sowie an das erste Cerebralganglion an. (Bei Dietl heisst dasselbe Lobus frontalis inferior.) Das zweite und dritte Centralganglion, für gewöhnlich die beiden Basalganglien genannt, bilden den ganzen hinteren Abschnitt der Oberschlundmassen-Basis. Das zweite beansprucht dabei den kleinen vorderen Theil, während das dritte das ganze hintere Drittel der Basis, sowie die Stiele der Commissuren einnimmt.

Von den drei Centralganglien werden die zwei Cerebralganglien getragen, von denen wiederum das zweite die Hauptrolle spielt und als Scheitelganglion bezeichnet wird.

Betrachten wir nach diesen Ausführungen die Zeichnungen, die ich mit den Photographien zu vergleichen bitte, weil diese in Lebensgrösse angefertigt sind, so stellt Taf. VII Abb. 1 das Gehirn von der Seite aus dar. Obere und untere Schlundmasse unterscheiden sich leicht.

Vier dicke Armnerven treten aus dem Brachialganglion aus, sehr verstrichen setzt sich demselben das Pedalganglion an, während das Visceralganglion sich scharf abhebt. Die Oberschlundmasse sondert sich scharf in Buccalganglion, erstes und zweites Central-

ganglion. Vom zweiten Centralganglion ist nur ein Theil zu sehen, weil ihm das erste Cerebralganglion aufliegt. Das dritte Centralganglion ist bis auf die Commissurenstiele vollkommen verdeckt durch das zweite Cerebralganglion, das an seinen Längswülsten kenntlich ist.

In Abbild. 3 Taf. VII, Ansicht von oben, ist noch die Verbindung mitdem Buccointestinalganglion gegeben, ferner die Sehganglien mit Ganglion Pedunculi und ihren Pedunculi optici, die dem Stiel der Commissur aufsitzen. Hier sieht man, dass die Stiele der Oberschlundmasse angehören und nicht der Unterschlundmasse, wie Abbild. 1, die etwas von oben gesehen ist, leicht vortäuscht.

Die Photographien geben zwar viel weniger Details als die Zeichnungen nach gehärteten Präparaten, dafür treffen sie aber den Eindruck besser, den das Gehirn am Lebenden macht. So wie sie es zeigen, liegen die Verhältnisse, mit denen der Physiologe operiren muss.

Athmen und Schwimmen.

Wie ich schon in meiner ersten Arbeit [1]) nachgewiesen habe, gibt es zwei Orte, von denen aus man die Athmung reflectorisch auslösen kann: einmal eine Einathmungsbewegung von der Kieme aus, zweitens eine Ausathmungsbewegung vom Mantelrande aus. Von beiden Orten müssen demnach centripetale Fasern verlaufen; die einen von der Kieme stammenden sind in den Visceralnerven zu suchen, die anderen im Mantelnerven.

Nun erhält man nach Abtragung der gesammten Oberschlundmasse inclusive der Commissurenstiele bei elektrischer Reizung des Visceralganglions an verschiedenen Stellen verschiedenartige Bewegungen des Mantels. Derselbe legt sich in Quer- und Längsfalten, weitet sich an einer Stelle aus und contrahirt sich an der anderen. Abgesehen davon erzielt man aber auch normale Bewegungen des Mantels und zwar local getrennt für Einathmung und Ausathmung entweder des ganzen Mantel, oder nur der der gereizten Ganglionhälfte entsprechenden Mantelhälfte. Die Aus-

1) Zeitschr. f. Biol. 91.

athmungsstelle liegt mehr oben und nach hinten zu, während die Einathmungsstelle weiter nach vorn und unten liegt.

Mit diesen Stellen der normalen Athmung denke ich mir, wie aus nachstehender Zeichnung (Fig. 3) ersichtlich, die centripetalen, die Athmung beeinflussenden Nerven, gemäss ihrer Wirkung auf die Ein- oder Ausathmung, verknüpft (dieselben habe ich punctirt angedeutet, während die motorischen Nerven, die alle im Mantelnerven verlaufen, ausgezogen sind. *A* bedeutet Ausathmungs-, *E* Einathmungsstelle u. s. f.)

Es erübrigt noch, den Beweis zu liefern, dass es thatsächlich nervöse Centren im Visceralganglion gibt, die der Athmung vor-

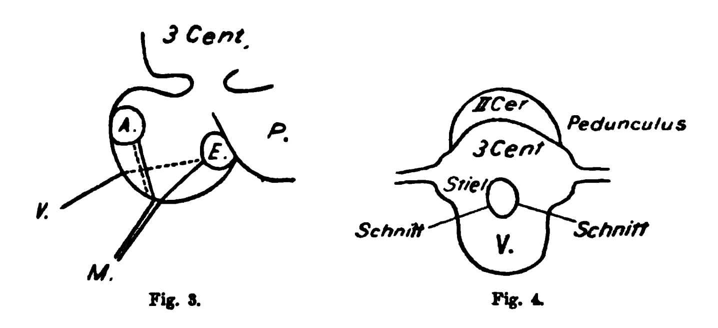


Fig. 3. Fig. 4.

stehen, und nicht bloss Athmungsnerven, die dasselbe passiren. Dieser Beweis liegt in Folgendem.

Es gelingt, die Athmung normal zu erhalten, wenn man nach tiefer Durchschneidung (Fig. 4) der hinteren Commissuren (die vorderen spielen hierbei gar keine Rolle) das Thier in frisches Seewasser wirft.

Die Mantelathmung bleibt sogar bestehen, wenn man das Pedalganglion durchschneidet, wodurch der Trichter gelähmt wird, und schliesslich athmet noch eine Mantelhälfte weiter, wenn nur die zu ihr gehörige Hälfte des Visceralganglions allein noch erhalten ist.

Es folgt daraus, dass in jeder Hälfte des Visceralganglion sich ein kleiner automatisch arbeitender Mechanismus befinden muss, der selbst dann noch in Thätigkeit bleibt, wenn nach Durchschneidung der Visceralnerven der äussere Anstoss wenigstens für eine Bewegung ausbleibt.

Diese beiden automatischen Maschinen sind, obgleich unabhängig von einander, dennoch so eng mit einander verknüpft, als wenn sie beide in dasselbe Sperrad eingreifen würden. Denn sowie beide einmal in Thätigkeit sind, ist auch ihr Rhythmus absolut der gleiche. Jede Beschleunigung, die man nach medianer Durchschneidung der Oberschlundmasse von einer bestimmten (später zu erörternden) Stelle aus nur der einen Hälfte des Visceralganglions zukommen lässt, beschleunigt genau im selben Tempo auch die andere Hälfte, was man an den sich immer gleichbleibenden Bewegungen der beiden Mantelhälften constatirt, nachdem der Mantel in der Mittellinie ventral durchnitten ist.

Eine scheinbare Ausnahme gibt es: Durchschneidet man einer Eledone nur die eine hintere Commissur unterhalb des Stieles, so tritt neben anderen Erscheinungen, die später behandelt werden sollen, auch Kreisschwimmen auf, und zwar schwimmt das so operirte Thier immer mit der gesunden Seite auf der inneren Peripherie des Kreises, während die verletzte Seite den grösseren Bogen beschreibt. Da das völlig geblendete Thier sich genau ebenso verhält, so ist diese Erscheinung nicht der Exstirpation des einen Auges zuzuschreiben, die bei dieser Operation nothwendig ist. Man wird daher leicht dazu neigen, an eine ungleiche Innervirung der beiden Mantelhälften zu denken, wobei man freilich annehmen müsste, dass die verletzte Seite stärker erregt würde als die unverletzte. Die Sache liegt aber viel einfacher: Man sieht nämlich, dass das operirte Thier auch bei vollkommener Ruhe nicht mehr gerade gestreckt ist, sondern eine Knickung dicht hinter dem Kopfe zeigt, die darauf zurückzuführen ist, dass auf der unverletzten Seite der Nackenmuskel leicht contrahirt ist (was mir ein normaler Tonus zu sein scheint), während an der verletzten Seite der Nackenmuskel schlaff ist. Daher erklärt sich das fortwährende Einbiegen nach der gesunden Seite zu, wobei die Mantelbewegungen ganz gleich sein können.

Aus dem Umstand der engen Verknüpfung der Bewegungen beider Mantelhälften entnehme ich die Berechtigung, beide Hälften des Visceralganglions in nachstehender Weise (Fig. 5 S. 594) zu verbinden. Im Gegensatz zum Mantel hat der Trichter nicht die Fähigkeit,

automatisch zu athmen, wenn ihm nur sein zugehöriges Ganglion, nämlich das Pedalganglion, erhalten bleibt. Seine Athmung ist vom Pedal- wie vom Visceralganglion abhängig. Der Schluss des Trichters geschieht passiv, nur seine Oeffnung und Streckung kann durch Reizung eines oder beider Trichternerven hervorgerufen werden, und ist mit der Ausathmung des Mantels eng verknüpft.

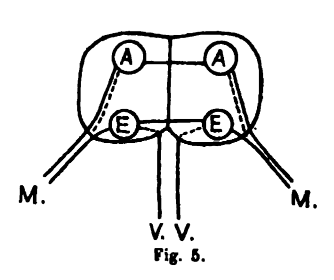


Fig. 5.

Wir gehen jetzt zur Frage über, welche Rolle spielen die Ganglien der Oberschlundmasse bei der Athmung Auch hier finden wir zwei und zwar besser ausgesprochene Stellen, von denen aus die beiden Athemstellungen gesondert erzeugt werden können. Die Erregungsstelle für die Einathmung liegt in der vorderen oberen Partie des letzten Centralganglions. Ein richtig geführter Schnitt in diese Gegend genügt, um den Mantel des Thieres auf die Dauer zu einem Ballon zu machen. Zwar athmet es noch und lebt noch mehrere Tage aber die Einathmung überwiegt stets an Energie die Ausathmung, so dass der Mantel sich nie völlig entleert, sondern immer etwas aufgetrieben bleibt. Reizt man elektrisch mit nicht allzustarken Strömen diese Stelle, so erweitert sich der Mantel in ganz anormaler Weise und bleibt auch nach der Reizung in fast kugliger Gestalt stehen, wie das die vierte Photographie auf Taf. VIII zeigt.

Hierdurch löst sich von selbst eine Frage, die mich seit zwei Jahren beschäftigt hat: ob nämlich die partielle Erweiterung des Mantels beim Einathmen, die in der Norm nur mit gleichzeitiger Contraction anderer Theile Hand in Hand geht, activ durch quer durch den Mantel verlaufende Muskelfasern oder passiv durch Contraction der umliegenden Partien geschieht. Der vorstehende Versuch entscheidet eindeutig für die erste Auffassung, denn beim gut ausgesprochenen Ballon-Thiere sind einfach alle Theile gedehnt, der Mantel verdünnt und gespannt und daher kuglig erweitert.

Tiefer und zwar im hintersten vorspringenden Theile des dritten Centralganglions liegt eine Stelle, bei deren elektrischen Reizung der Mantel Gurkenform mit spitzem Hinterende annimmt. (Siehe Photographie 5 Taf. VIII.)

Dies ist die ausgezeichnetste Ausathmungsform, sämmtliche Ringmuskeln erscheinen dabei contrahirt zu sein. Ein dort angeschnittenes Thier zeigt, wieder ins Wasser gesetzt, dauernd die Eigenthümlichkeit des spitzen Hinterendes und ferner ist in regelmässigen Intervallen nach mehreren Athembewegungen eine Ausathmungsbewegung so übertrieben kräftig, dass das ganze Thier erschüttert wird und fast von seiner Unterlage abgerissen wird.

Zwischen diesen charakteristischen Stellen, von denen die erste grösser zu sein scheint, jedenfalls leichter zu treffen ist, liegen Punkte, von denen aus man bei elektrischer Reizung eine Herzform des Mantels, die man auch im Leben beobachtet, erzielt, es spielt dabei die Längsmuskulatur eine überwiegende Rolle. Nie aber erhält man eine derartige Anzahl möglicher, gänzlich anormaler Combinationen, wie vom Visceralganglion aus. Damit wäre die Rolle, die die Centralganglien bei der Athmung spielen, erschöpft. Noch fehlt aber eine wichtige Einrichtung, die wenn auch nicht direkt zur Athmung gehört, doch hier behandelt werden muss, weil sie dieselben Mantelbewegungen auslöst.

Vom Boden des zweiten und dritten Centralganglions, sowie von den Stielen der hinteren Commissuren erhält man durch einen Schnitt andauernde Beschleunigung und Vertiefung der Athembewegungen, wie sie dem Thier zum Schwimmen dienen. Reizt man diese Partien elektrisch, so kann die Beschleunigung derart werden, dass in der Zeit, die eine normale Athmung braucht, zehn Schwimmbewegungen auftreten. Der Druck im Mantelraum steigt in diesem Falle bei jedem Ausstossen auf über 90 mm Quecksilber, während bei ruhiger Athmung der Druck 10 mm nicht übersteigt.

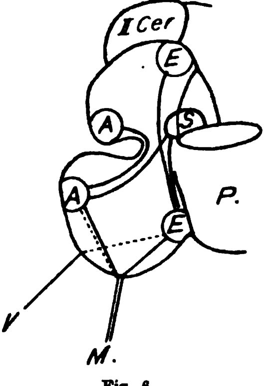


Fig. 6.

Bei median durchschnittener Oberschlundmasse erhält man die Beschleunigung der Bewegungen beider Mantelhälften, in gleicher Weise von jeder Seite aus, obgleich oben keine Verbindung mehr existirt. Es liefert dies den Beweis für die oben angenommene Verbindung zwischen den Visceralganglien jeder Seite.

Werden die Commissuren unterhalb ihres Stieles durchschnitten-so hört die Schwimmbewegung wieder auf, und die besprochene Athmung des Visceralganglions tritt wieder ein. Ich nehme an den oben genannten Stellen Schwimmganglien an, die ich, wie aus der Zeichnung ersichtlich, mit den Athemganglienzellen des Visceral, ganglions verbinde. (Fig. 6.)

Eledone besitzt, um die Ergebnisse zusammenzufassen, im Visceralganglion ein Doppelcentrum, das ganz allein befähigt ist, den normalen Athembewegungen des Mantels vorzustehen. Aber erst höher gelegene Centren sind im Stande, die schnellen kräftigen Schwimmbewegungen hervorzurufen und schliesslich gibt es in den noch höher gelegenen Partien Centren, die eine oder die andere Athembewegung besonders betonen können.

Was wirkt nun auf diese höheren Centren ein? Einmal die Sinnesorgane und zweitens ein noch höheres Centrum in den Cerebralganglien.

Von den Sinnesorganen kommt für die experimentelle Prüfung nur das Auge in Frage oder vielmehr das hinter demselben gelegene Sehganglion, und in der That gelingt es, von demselben aus sowohl durch Schnitt wie durch elektrische Reizung Bewegungen des ganzen Mantels hervorzurufen, wie schon Klemensiewicz zeigte, ohne dass sich jedoch Punkte fixiren liessen, von denen aus man diese oder jene bestimmte Bewegung erhielte. Da dieselben bestehen bleiben, auch nachdem die hintere Commissur derselben Seite unterhalb des Tractus durchschnitten ist, dagegen ausfallen, wenn dieselbe Commissur sorgfältig oberhalb um den Tractuseintritt herum entfernt ist, so beweist das in Uebereinstimmung mit dem histologischen Befund, dass die Fasern des Tractus mit den Ganglien der Supraösophagialpartie in Communication stehen und der Reiz, der durchs Auge dem Sehganglion übertragen wird, erst das dritte Centralganglion passiren muss und nicht direkt vom Visceralganglion aus Reflexbewegungen hervorrufen kann.

Lässt man dagegen nur eine kleine Partie des Commissurenstieles oberhalb des Tractus stehen, so werden Bewegungen vom Sehganglion aus auch weiterhin ausgelöst. Was nicht Wunder nehmen

kann, da gerade im Stiel die Ganglienzellen für die Schwimmbewegung liegen.

Abgesehen vom Sehganglion stehen die Centralganglien noch mit den beiden Cerebralganglien in Verbindung. Wie schon Klemensiewicz gezeigt, sind diese Ganglien weder durch Schnitt noch durch elektrische Reizung irgendwie zu beeinflussen.

Ein Versuch jedoch, bei dem ich mit Glück die Cerebralganglien entfernt hatte, liess das operirte Thier in einem ungewöhnlichen Grad aufgeregt erscheinen. Alle Reflexe erschienen gesteigert. Sowie man sich dem Bassin näherte, schwamm es fort, während die Gesunden ruhig sitzen blieben. Das Farbenspiel war fortdauernd in Thätigkeit. In der zweiten Nacht entkam es trotz des Schutznetzes als einziges dem Bassin (dies Bestreben zeigen alle gefangenen Octopoden) und verendete elend auf dem Fussboden des Instituts.

Dieses Ergebniss legte den Verdacht nahe, dass in den Cerebralganglien Hemmungscentren vorhanden seien. Um dies zu prüfen, gibt es, wenn man von Doppelreizung absehen will, zu der ich mich nicht entschliessen konnte, nur das Mittel, die Athmung schreiben zu lassen, und dann den Einfluss einer Reizung der Cerebralganglien auf die Athemcurve zu untersuchen. Ich habe auf diese Weise die Athemcurve sehr herabdrücken können, aber diese selbst ist nicht constant genug, um mit Sicherheit folgern zu können. Das Thier ist nach Eröffnung der Schädelkapsel immer sehr aufgeregt, ich beruhige es dann mit Sicherheit durch einen Schnitt in die Cerebralganglien.

Ein Verfahren, das auch für das Vorhandensein von Hemmungscentren spricht, bei Reizungen dieser Theile aber nicht anwendbar ist.

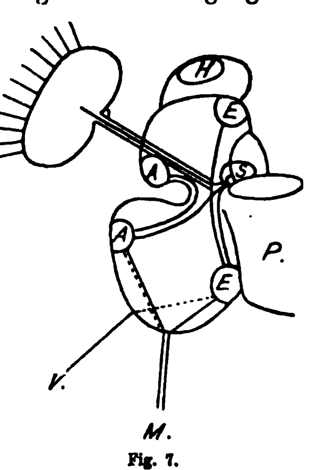


Fig. 7.

Vorstehende Zeichnung (Fig. 7) gibt das Bild wieder, das ich mir von dem Verlauf der Leitungsbahnen und der Lage der nervösen Centren gemacht habe, wobei mich der Grundsatz leitete, dass nervöse Centren vorhanden sein müssen 1. wo automatische Bewegungen,

2. wo Reflexe ausgelöst werden, 3. wo der überdauernde Effect der Durchschneidung derselbe ist, wie der der elektrischen Reizung; dass wir es dagegen mit Leitungsbahnen zu thun haben, wo der Effect der Reizung dem Dauereffect der Durchschneidung entgegengesetzt ist.

Bewegungen der Arme.

In meiner Arbeit über die Reflexe der Arme[1]) habe ich mich darauf beschränkt, nachzuweisen, welcher Art der Reflexmechanismus ist, der im abgeschnittenen Arm noch besteht ohne Rücksicht aufs Centralnervensystem oder die anderen Arme.

Hier schliesse ich wieder an. Anatomisch ändert sich das Bild des Achsenstranges vollkommen, sobald er aus der Armmuskulatur heraustritt. Er verliert seine Ganglien und geht als starker weisser Nerv zum Brachialganglion. Die Nerven aller acht Arme zusammen bilden eine Art Fischreuse, die der inneren Wand jenes muskulösen Hohlraumes anliegt, in dem die Bucca ruht. Die dorsalen Colorationsnerven bleiben an ihrem Platz, das heisst sie liegen nach aussen zu, während die Bewegungsnerven nach innen zur Bucca zu sehen.

Noch innerhalb der Armmuskulatur und zwar vom letzten Ganglion aus geht (vergl. hierzu Abb. 2 Taf. VII) eine Commissur von Achsenstrang zu Achsentrang, so dass ein geschlossener Ring gebildet wird. Auf der Innenseite dieser Ringcommissur sitzen acht weitere feine Commissuren auf, die in Form von kleinen Brücken jedes letzte Ganglion überspringen, um auf der Ringcommissur in der Mitte zwischen je zwei Achsensträngen zu münden. Die Function dieser Brückencommissuren, deren Präparation grosse Schwierigkeiten hat, habe ich nicht ermitteln können. Dagegen dient die Ringcommissur der Leitung des Reizes von Arm zu Arm, aber nur des centripetalen Reizes nie der Leitung des centrifugalen, sie ist daher durchaus peripherer Natur.

Das Experiment hierüber nimmt sich folgendermaassen aus: Die Armnerven werden nahe dem Centralorgan durchschnitten und dann die peripheren Stümpfe einzeln, centralwärts von der Ringcommissur, gereizt, ausnahmslos antwortet nur der eine Arm. Nun wird der Achsenstrang freigelegt und peripher von der Ringcommissur

1) Zeitschr. f. Biol. 1893.

gereizt, dann antworten auch die Nachbararme in der Form, dass sie sich dem gereizten Arme zuwenden, und ihre Saugnäpfe nach ihm ausstrecken. Dieser Reflex bleibt bestehen, so lange die Ringcommissur erhalten bleibt und ist unabhängig von den Brückencommissuren. Bei diesen Versuchen kann man leicht eine Beobachtung wiederholen, die ich bereits beschriebeu habe. Bleibt nämlich der kleine Saugnapf über dem letzten Ganglion intact, so sieht man ihn sich nach der Seite neigen, von woher der Reiz kommt.

Offenbar waltet auch hier wie in den Armen ein ganz einfacher Verknüpfungsmodus der sensiblen Nerven mit den motorischen Ganglienzellen ob.

Aeusserlich sichtbar treten die Armnerven in regelmässigen Abständeu an die Peripherie jenes Kreises heran, der vorne das Brachialganglion abschliesst. Das Brachialganglion von vorne gesehen, erinnert mit seinen Nervenstümpfen an ein Zifferblatt mit acht Ziffern.

Effecte auf die Arme erhält man vom Brachialganglion anfangend, einmal durch die vorderen Commissuren bis zu den Centralganglien inclusive, und andererseits wieder vom Brachialganglion ausgehend durchs Pedalganglion und die hinteren Commissuren gleichfalls bis in die Centralganglien hinein. So werden ein linker und rechter Ring gebildet, die unten und oben aneinander stossen. Dies besagt nur, dass die Bahnen der Nerven von den Centralganglien zum Brachialganglion getrennt verlaufen; aber in dieser Trennung der Bahnen liegt eine erwünschte Handhabe, um die äusserst schwierig zu übersehenden Bewegungen der Arme zu analysiren.

Vorab muss bemerkt werden, dass jeder Arm vom Centralorgan aus immer nur als ein Ganzes erregt werden kann, im Gegensatz zum Mantel, wo man bei Reizung des Visceralganglions den Mantel in alle erdenklichen Falten legen kann. Aber auch nur im Brachialganglion gelingt es, einen einzelnen Arm allein in Bewegung zu setzen, wenn man die Elektroden auf die weissliche Fortsetzung eines Armnerven setzt. Werden diese durchschnitten, so geht kein Reiz mehr vom Pedalganglion aus auf die Arme über. Dies stimmt vollkommen mit dem histologischen Befunde überein,

wonach die Armnerven bis ins Pedalganglion (Fig. 8) hinein zu verfolgen sind. Bei Reizung des Pedalganglions antworten alle Arme gemeinschaftlich, oder doch vier Arme der einen Seite zusammen.

Da man vom Pedalganglion und den zwei letzten Centralganglien alle Armbewegungen erhält, wenn auch das Zurückziehen der Arme und das Loslassen der Saugnäpfe bedeutend überwiegt (welche Bewegungen in den Commissuren-Stielen mit den Schwimmbewegungen coordinirt sind). Da ferner bei Erhaltung des Pedal- und Visceral-Ganglions zweckentsprechende Bewegungsreflexe der Arme auf Reizung von beliebigen Stellen der Haut erhalten bleiben [1]). (Was nebenbei bemerkt, uns die Anwesenheit von Ganglienzellen für die Bewegungsnerven der Arme im Pedalganglion garantirt.)

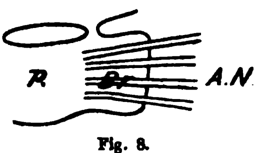


Fig. 8.

Wenn schliesslich, wie wir fernerhin sehen werden, sämmtliche Colorationsnerven ihren Weg durch die hinteren Commissuren und das Pedalganglion nehmen, so fragt man sich mit Recht, welche Function haben die vorderen Commissuren, welchen Zweck das Brachialganglion?

Um dies zu entscheiden, schneidet man die ganze Oberschlundmasse zwischen den beiden Commissurpaaren frontal durch und reizt dann beide Stümpfe in der Tiefe, wo die Centralganglien liegen. Dann erhält man, wenn man die Hand bis zum Munde an der Innenseite der Arme eingeführt hat, bei Reizung des vorderen Stumpfes heftiges, fast schmerzhaftes Anfassen der Saugnäpfe; bei Reizung des hinteren Stumpfes meist ein Loslassen der Saugnäpfe und Zurückziehen der Arme. Ein Thier, dem man in der Gegend des ersten Centralganglions die Oberschlundmasse durchschnitten hat, verhält sich als typisches Greifthier. Es fasst jede Unterlage fest an und kann sich nur mit Mühe wieder lösen, meist sitzt es ganz fest mit langausgestreckten Armen da oder es kriecht äusserst mühsam vorwärts.

Setzt man ein so behandeltes Thier einer Torpedo auf den Rücken, so umfasst es dieselbe rundum fest mit den Armen, und

1) Bei dem wieder ins Wasser gesetzten Thiere.

kein Schlagen der elektrischen Organe (das man mit dem Telephon controliren kann) nutzt dem Fisch, er wird seinen unbequemen Reiter nicht mehr los. Dass andererseits auch die Eledone nur widerwillig den Ritt mitmacht, ersieht man daraus, dass sie tiefbraun wird und Tinte wirft. Nie wird ein normaler Octopode, wenn er sich überhaupt an Torpedo vergreift, was ich nur bei Octopus, nie bei Eledone beobachtet habe, länger als ein paar Secunden in so gefährlicher Nachbarschaft bleiben.

Warum gerade diese beiden Reactionen: das heftige Anfassen besonders der Mundsaugnäpfe und die Streckung der Arme durch die vorderen Commissuren gehen und nicht wie alle übrigen, den Weg durch die hinteren Commissuren zu dem Pedalganglion nehmen, erfuhr ich bei einem Versuch in drastischer Weise. Ich hatte meine Hand wieder tief zwischen die Arme gesteckt und reizte das erste Centralganglion, wobei die Saugnäpfe fest zufassten, als ich plötzlich von den hornigen Kiefern kräftig in den Finger gebissen wurde.

Bei weiterem Nachforschen fand ich, dass die obgenannten Bewegungen der Arme und Saugnäpfe bei Reizung der beiden vordersten Ganglien der Oberschlundmasse immer mit Kaubewegungen coordinirt waren, so dass man wohl annehmen kann, es existire eine Scheidung nach Funktionen innerhalb der Centralganglien, in der Art, dass das erste Centralganglion dem gesammten complicirten Fressact vorstehe, während das zweite und dritte Centralganglion alle übrigen Funktionen der Arme, wie Schreiten, Steuern, Tasten dirigiren. Die nebenstehende Zeichnung (Fig. 9) erläutert das eben Gesagte. Der schraffirte Theil des Gehirnes stellt die Ganglien dar, die zum Fressact in Beziehung stehen, während die punktirten Partien die Ganglien bezeichnen, die den übrigen Funktionen vorstehen.

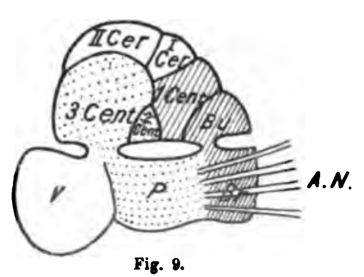


Fig. 9.

Kauen und Schlucken.

Wenn man einem frisch getödteten Thier die ganze Bucca herausschneidet, so sieht man dieselbe noch eine vollkommen

coordinirte Kaubewegung machen. Kneifen mit der Pincette oder kurze elektrische Reizung der Muskulatur an beliebiger Stelle, ruft stets dieselbe vollkommen coordinirte Bewegung hervor, bei der man Luftblasen in den Oesophagus eintreten sieht. Eingeleitet wird der ganze Act durch Bewegungen der Kiefer und der Zunge, die als Kaubewegung zu deuten sind; daran schliesst sich eine sehr ausgesprochene Langstreckung der Bucca und das Schlucken. Dieser Bewegungscomplex wird von einem Doppelganglion, das ich Bucco-Intestinal-Ganglion nenne, aus dirigirt, das nahe dem Hintergrunde der Bucca äusserlich ansitzt. Zu diesem Ganglion gehen zwei Paar Nerven. Einmal die schon erwähnten Nerven des Buccalganglions (die kurzen medianen Nerven des Buccalganglions verbreiten sich auf der Membran, während die langen seitlichen Nerven, die nicht zum Bucco-Intestinal-Ganglion einbiegen, den musculösen Mundsaum in Bewegung setzen. Es interessiren uns hier nur diejenigen, die in das Ganglion einmünden, deren Reizung immer Kau- und Schluckbewegung in der angegebenen Form hervorruft) und zweitens ein Nervenpaar, das einem eigenen System angehört. Dieselben treten paarig nahe der Medianlinie des Ganglion an der Bucca aus, verästeln sich dann auf dem Oesophagus, (Fig. 10) ziehen mit ihm durch das Gehirn hindurch, ohne jedoch mit demselben in Beziehung zu treten und vereinigen sich schliesslich mit dem Magenganglion, von welch' letzterem aus man Bewegung des Rectums erzielen kann. Am zweckmässigsten bezeichnet man dies ganze System als Intestinalsystem und das Ganglion an der Bucca, sonst von Einigen Unterpharynxganglion genannt, als Bucco-Intestinalganglion, womit seine doppelte Beziehung ausgedrückt ist.

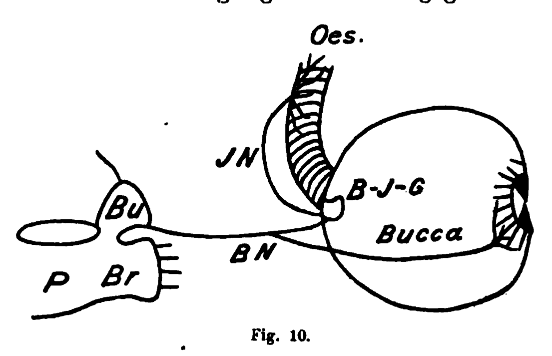


Fig. 10.

Die Reizung der Intestinalnerven ruft gleichfalls Bewegungen der Bucca hervor, die aber einen anderen Charakter tragen, wie

die oben beschriebenen Kau- und Schluckbewegungen; sie scheinen dem Speichelaustritt zu dienen.

Näheres über die Funktionen des Intestinalnervensystem bleibt einer Untersuchung über die peripheren Körpernerven vorbehalten.

Färbung.

Im Gegensatz zu den bisher besprochenen Functionen (die wie Armbewegungen einen complicirten Reflexapparat in Bewegung setzen, oder wie die Athembewegungen ein eigenes automatisches Centrum besitzen und daher eine gewisse Selbständigkeit gegenüber den Centralganglien an den Tag legen) steht die Hautfärbung ausgezeichnet durch ihre strenge Centralisation.

Schon im Achsenstrang der Arme zeigt sich dies Verhältniss in ausgesprochener Weise, da daselbst die Colorationsnerven den einzigen Strang bilden, der nur centrifugal leitet und der sich an keinerlei Reflex betheiligt.

Bei Durchschneidung des Brachialganglions werden die Arme weiss, bei Durchschneidung des Pedalganglions die Arme und noch ein entsprechender Theil des Kopfes, sowie der Trichter, bei Durchschneidung des Visceralganglions entfärbt sich der Mantel. In allen drei Fällen kann man die Entfärbung auf die eine Hälfte der entsprechende Theile beschränken, wenn man nur eine Hälfte des Ganglions durchschneidet.

Bei tiefer Durchschneidung beider hinteren Commissuren wird das ganze Thier weiss; beschränkt man sich auf eine Commissur, so entfärbt sich nur die Körperhälfte auf der verletzten Seite (Photographie 6 Taf. VIII). In allen diesen Fällen gibt elektrische Reizung des peripheren Stumpfes Braunfärbung, also den entgegensetzten Effect. Nichts nöthigt uns daher, auf dem ganzen Wege durch's Gehirn von den Centralganglien ab eingeschaltete Ganglienzellen annehmen zu müssen.

Die Durchschneidung oder Reizung der vorderen Commissuren sowie des Buccal- oder ersten Central-Ganglions gibt keinen Färbungseffect. Dies bestätigt, dass alle Colorationsnerven die hinteren Commissuren passiren, und zwar verlaufen dieselben in der äusseren Wand der hinteren Commissuren. Die Photographie 6 Taf. VIII

stammt von einem Thiere, dem nur eine Commissur äusserlich angeschnitten war; es ist, wie man sieht, streng halbgefärbt, zeigte aber keinen Kreisgang.

Sowie man aber den Stiel der hinteren Commissuren durchschneidet oder den Boden der beiden letzten Centralganglien verletzt, so erhält man Braunfärbung der entsprechenden Seite oder des ganzen Thieres. Dies allein genügt, um uns Ganglienzellen, die der Verfärbung vorstehen, in dieser Gegend annehmen zu lassen. Es schliesst sich der Beweis durch den von Klemensiewicz entdeckten Reflex.

Wenn man unterhalb des Eintrittes des Pedunculus eine hintere Commissur tief durchschneidet, so erblasst, wie angegeben, die entsprechende Körperhälfte für immer, die gesunde Seite antwortet noch auf Reizung der Centralganglien durch tiefe Braunfärbung. Sie antwortet aber nicht allein auf Reizung der Centralganglien der gesunden Seite, sondern gleichfalls auf Reizung der Centralganglien und des Pedunculus auf der operirten Seite. Dies beweist, dass nicht allein ein Reflexbogen vom linken Pedunculus durch die Verfärbungszellen der linken Hälfte des Centralganglions nach der linken Körperhälfte geht, sondern dass auch eine Verbindung (Fig. 11) der linken und rechten Hälfte im Centralganglion besteht, die wir im Visceralganglion vermissen (siehe hierzu die Abbildung in der Abhandlung von Klemensiewicz).

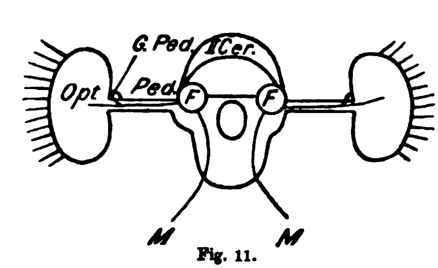


Fig. 11.

Im Gegensatz hierzu stehen, wie wir gesehen haben, die Bewegungsnerven des Mantels, die im Visceralganglion verbunden sind. Am leichtesten erhält man den Klemensiewicz'schen Reflex vom Ganglion Pedunculi aus und zwar, wie wir durch diesen Autor wissen, nur Farbenreflexe, nie Bewegungsreflexe. Vom Sehganglion selbst erhält man bei Anwendung stärkerer Inductionsströme folgende Reflexe: 1. Verfärbung der ganzen Haut oder der entsprechenden Körperhälfte, 2. den Höckerreflex, bei dem die Haut des Mantels an bestimmten Stellen zu spitzen Erhebungen zusammenfliesst, 3. Schwarzfärbung der beiden Augenflecke des Mantels, 4. Athem-

resp. Schwimmbewegungen. Alle Reflexe kann man isolirt erhalten, ohne dass es mir jedoch möglich gewesen wäre, die Reizstellen ein für allemal zu bestimmen. Einmal habe ich mit grösster Sicherheit genau aus der Mitte des Sehganglions eine Entfärbung des ganzen Mantels bei einem sehr grossen Octopus constatirt. Dies gibt uns vielleicht Aufschluss über die sehr auffallende Thatsache, dass man von den Opticusfasern keine Reflexe erzielen kann. Nur zweimal ist es mir gelungen, bei rasch geöffneten Augen von Eledone bei Reizung der Opticusfasen ein unsicheres und leicht vergängliches Spiel der Chromotophoren zu erzielen, das keine Aehnlichkeit hatte mit der schönen sicheren Braunfärbung, die man bei Reizung centralerer Partien erhält. Dies macht es mir wahrscheinlich, dass bei Reizung der Opticusfasern sowohl Färbungs- wie Entfärbungs-Reflexe in Thätigkeit gesetzt werden, die sich dann die Wage halten (ob innerhalb der Ganglien oder im Endorgan, wage ich nicht zu entscheiden).[1]) Die Opticusfasern sind gemischter Natur, denn sie vermitteln neben ihrer unzweifelhaften Function auch noch Bewegungen des Auges und die Färbung der Iris. Letzterer Reflex wird nicht, wie man vermuthen könnte, im Sehganglion selbst ausgelöst, sondern auch er muss gleich den anderen Färbungsreflexen das Centralganglion passiren. Dicht neben dem einzigen motorischen Nerven der Centralganglien, dem Bewegungsnerven für die Muskeln der Orbita (den man auch nur bei grossen Exemplaren von Octopus im Leben nachweisen und reizen kann), liegt gleichfalls oralwärts und oberhalb des Pedunculus ein haardünnes Nervchen, das mit dem Pedunculus zum Sehganglion tritt. Dieser kleine Nerv gibt gereizt Braunfärbung der Iris.

Innervation der Hautdrüsen und Tintenwurf.

Bei den zahlreichen Reizungen, die ich im Gehirn von Eledone vorgenommen habe, ist es mir nicht selten aufgestossen, dass, während ich noch die obere Hälfte des dritten Centralganglion reizte, sich das Wasser mit einem weisslichen Schleim füllte, der nach Moschus roch. Da diese Erscheinung sonst nicht auftritt, so kann man wohl

1) Auch hat mich die Arbeit von Phisalix (Arch. de Biol. 93) die über diesen Gegenstand handelt, hierüber nicht aufgeklärt.

annehmen, dass in dieser Gegend, ohne sie genauer zu definiren, sich ein Centrum befindet, das der Thätigkeit der Hautdrüsen vorsteht. Die Stelle, von wo aus man den charakteristischen Tintenwurf erzielt, ist viel genauer zu bestimmen. Sie befindet sich jederseits in der Mitte des Stieles der hinteren Commissuren, etwas höher als die Eintrittstelle des Pedunculus optici. Der Tintenwurf ist mit den Schwimmbewegungen und mit Braunfärbung coordinirt.

Das sogenannte Gehörsorgan.

Wie oben beschrieben, liegt eine knorpelige Kapsel, die einen leicht theilbaren Otholiten enthält, jederseits unter dem Pedalganglion. Nur ein Analogieschluss, auf sehr oberflächlicher Basis ruhend, hat dieses Organ als Gehörorgan ansprechen können. Thatsächlich liegt dasselbe so ungünstig wie möglich, um von Schallwellen erregt zu werden. Ringsum ist es von einer dicken, knorpeligen Hülle umgeben, die selbst nach unten und seitlich von stärkeren Muskelbalken und Gefässen überdeckt ist, während oben das Gehirn vorliegt. Nirgends eine Spur eines Ausführungsganges oder einer Membran. Nichts deutet darauf hin, dass dieses Organ von der Aussenwelt aus direct beeinflusst wird. Zudem ist der Beweis nicht erbracht, dass die Cephalopoden auf Schall reagiren. Die Entfernung selbst eines Otholiten ist von unten aus recht schwierig, da man leicht Blutungen erhält, an denen das Thier rasch stirbt. Unschwer jedoch gelangt man zum selben Ziel, wenn man vorher ein Auge entfernt hat: eine Operation, die, wie ich hervorgehoben habe, gar keinen Einfluss auf das Benehmen des Thieres hat.

Fig. 12.

Der Erfolg ist in beiden Fällen der gleiche: das Thier zeigt beim Schwimmen eine rotirende Bewegung um seine Längsachse, aber keine Spur einer Kreisbewegung. Auch bleibt es gerne in einer charakteristischen Stellung stehen, mit der Mantelspitze nach oben (Fig. 12), den Kopf nach unten, wobei die Arme am Boden einen regelmässigen Quirl bilden. Es unterliegt demnach wohl keinem Zweifel, dass dieses Organ der Orientirung dient.

Zusammenfassung und Schluss.

Im Rückblick auf die gewonnenen Resultate lässt sich die anfangs aufgestellte Trennung des Centralnervensystems der Octopoden, in peripherische, centrale und cerebrale Ganglien, kritisiren.

Um mit letzteren zu beginnen, so sind die cerebralen Ganglien physiologisch durch ihre Unerregbarkeit so gut definirt, dass man ihre hemmenden Eigenschaften nicht einmal heranzuziehen braucht, um diese Ganglien als Cerebrale durch das Experiment zu constatiren. Für die centralen Ganglien muss ein oben angenommenes Criterium fallen gelassen werden. Der Mangel an peripherischen Nerven ist ein blos scheinbarer, da sämmtliche Colorationsnerven nach ihrem Austritt aus den Centralganglien keinerlei Verbindung mit anderen Ganglien eingehen. Es würde sich dadurch der Gegensatz zu den peripherischen Ganglien verwischen, und doch sind sie physiologisch gut definirbar und experimentell leicht zu unterscheiden. Einmal ist festzuhalten, dass den Central-Ganglien allein die Cerebral-Ganglien aufgelagert sind, zweitens spielen sich in ihnen die höchsten Reflexe ab, drittens beeinflussen sie alle niederen Reflexe, viertens sind von ihnen aus nur solche Bewegungscomplexe auszulösen, die im normalen Leben den Gesammtausdruck wenigstens einer geschlossenen Lebensfunction des ganzen Thieres darstellen.

Dem gegenüber zeigen die peripherischen Ganglien folgende Eigenschaften: Erstens sind sie immer mit Nerven verbunden, zweitens stehen sie nur den Functionen bestimmter Theile des Thieres vor oder lösen drittens die Reflexe 2. und 3. Ordnung aus, viertens erhält man von ihnen neben normalen Bewegungen auch solche, die im normalen Leben nicht oder doch isolirt nicht vorkommen. Um es kurz zu sagen, sind die Ganglienzellen in den peripherischen Ganglien mehr nach localen, in den centralen Ganglien dagegen nur nach functionellen Gesichtspuncten gruppirt.

Eine physiologische Trennung von peripherischen Ganglien, die dem Centralorgan angehören, und reinen Peripheren-Ganglien, die ausserhalb im Körper liegen, ist nicht durchführbar.

Aus all diesen angeführten Gründen halte ich mich für berechtigt, die obengenannte Eintheilung des Centralnervensystems der Octopoden beizubehalten. Wie weit dieselbe auch für die

übrigen Cephalopoden Geltung hat, das festzustellen, bleibt zukünftigen Arbeiten überlassen.

Hiermit schliesse ich, obwohl ich mir bewusst bin, eine Menge Fragen nicht berührt zu haben. Aber einerseits halte ich das Material für nicht ausreichend, um Vergleiche mit den Wirbelthieren anzustellen; andrerseits werde ich Fragen nach dem Vorhandensein von Gedächtniss resp. Bewusstsein, wie sie noch neuerdings [1]) in einer Abhandlung über Plattwürmer aufgeworfen worden sind, überhaupt ablehnen. Ich stelle mich auf den Standpunkt, dass wir, um in unseren Schlüssen sicher zu gehen, gar keine Prämissen in Betreff einer Psyche machen dürfen, sondern uns auf das objective Ergebniss unseres Experiments beschränken müssen. In Folge davon halte ich es auch für richtiger, nicht von Sehen und Hören bei den Wirbellosen zu reden, sondern nur von Reaction auf (objectives) Licht oder Schall zu sprechen. Der Grund hierzu liegt in dem Umstande, dass alle Schlüsse auf die Psyche der Thiere nichts weiter sind als Analogieschlüsse aus unserer eigenen Psyche heraus und dass solche immer unzulässiger werden, je mehr sich die Organisation der als Seelenorgan angesprochenen Gebilde von unserem Gehirn entfernt.

Was wir vorab zu erstreben haben, ist eine Eintheilung des Centralnervensystems aller Wirbellosen nach gut definirten und practisch brauchbaren physiologischen Merkmalen, ohne Rücksicht auf vergleichend anatomische Definitionen. (Ein Weg, den schon Steiner eingeschlagen hat.) Erst wenn eine solche Eintheilung für zahlreiche Klassen der Wirbellosen als zuverlässig erprobt worden ist, werden sich allgemeine Schlüsse ziehen lassen. Bis dahin bleiben alle derartigen Folgerungen dem Gutdünken des Einzelnen überlassen.

Herren Dr. Jatta, dem ich neben den schönen Zeichnungen noch so manche Operationsmethode verdanke, sage ich meinen herzlichsten Dank; desgleichen Herrn Professor Schönlein, dem Leiter des physiologischen Instituts an der zoologischen Station zu Neapel, der mir in erprobter Weise mit Rath und That zur Seite stand.

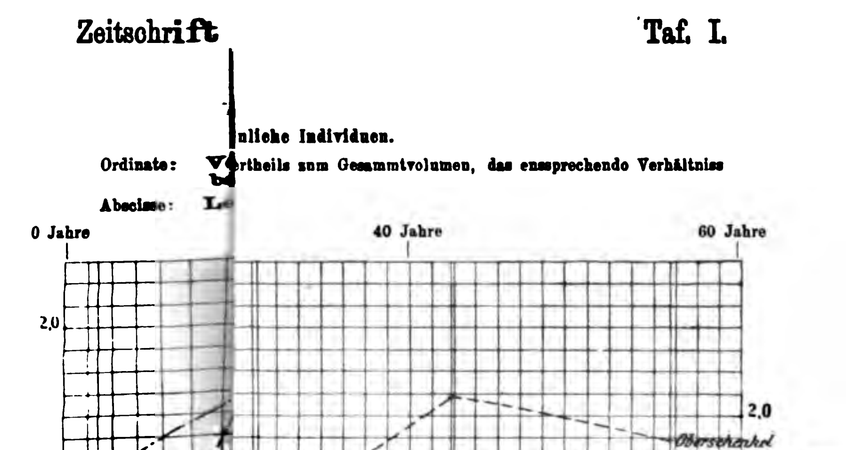
---

1) Loeb, Beiträge zur Gehirnphysiologie der Würmer. Pflüger's Arch. 94.

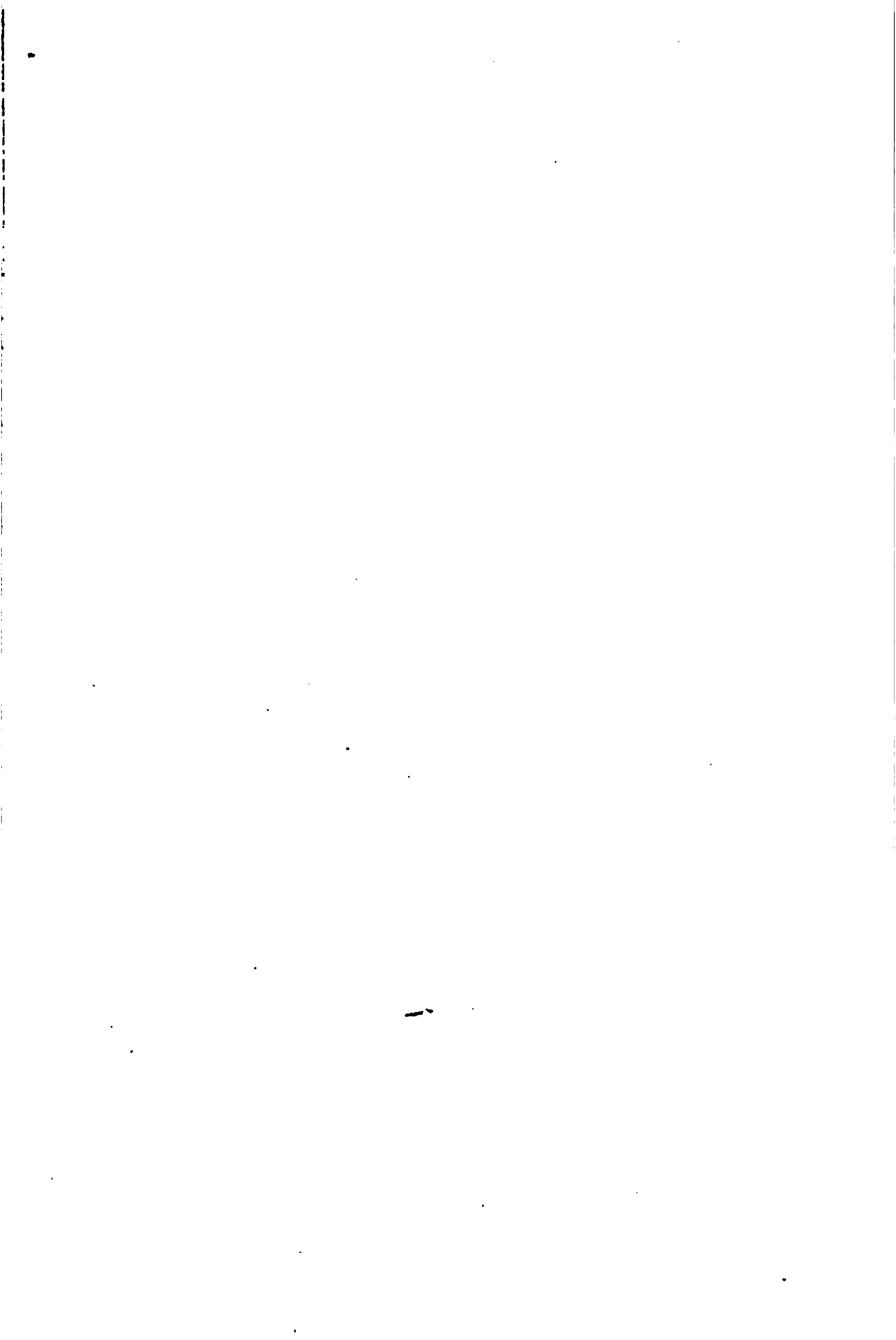
Zum Schlusse spreche ich einer hohen königlich preussischen Regierung für die gütige Ueberweisung eines Arbeitsplatzes an der Station zu Neapel meinen allerergebensten Dank aus.

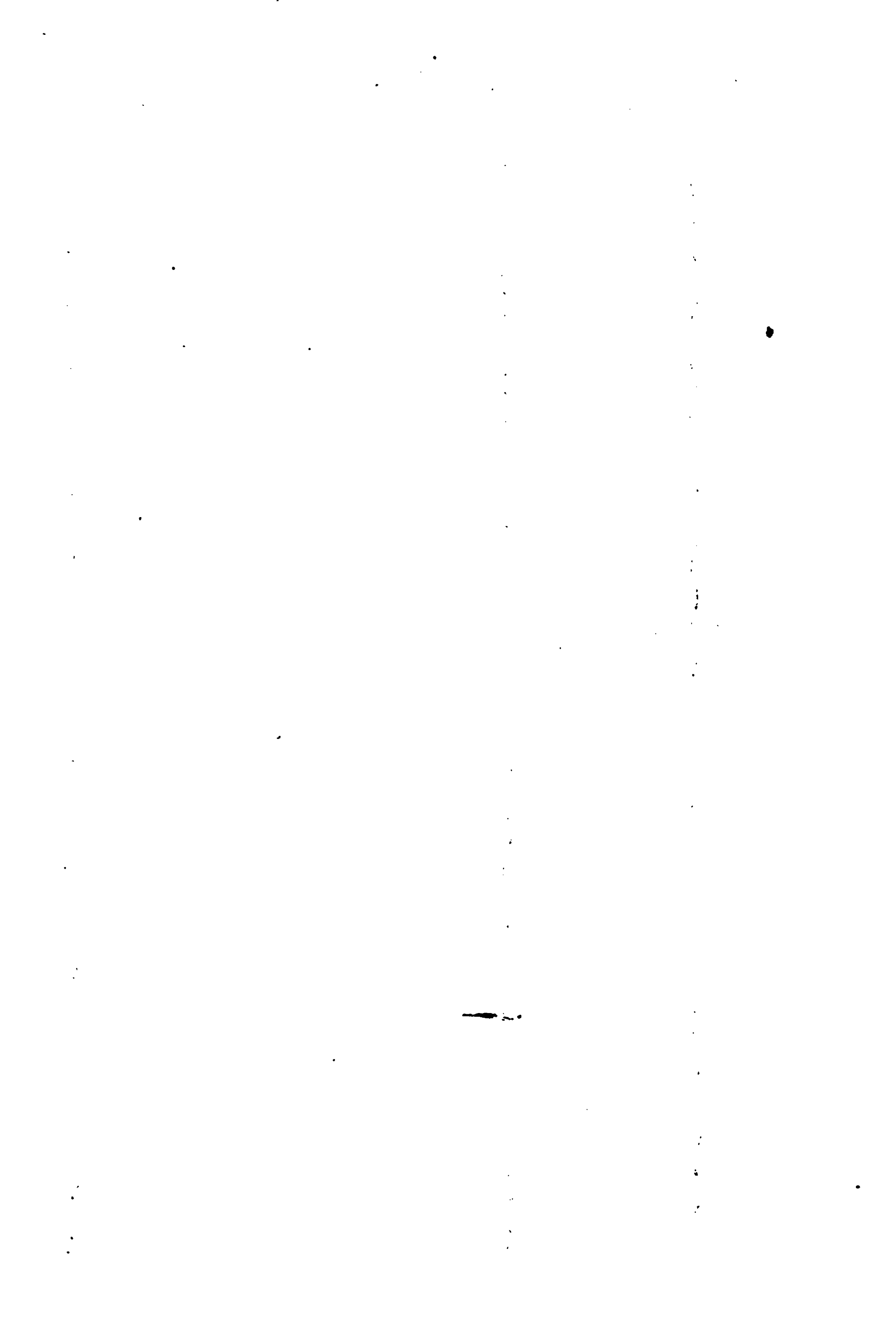
Notiz der Redaction.

Auf den Wunsch des Herrn Professor Dr. Friedr. Stohmann constatiren wir, dass dessen im 3. Hefte dieses Jahrgangs der Zeitschrift für Biologie stehende Abhandlung: »Ueber den Wärmewerth der Bestandtheile der Nahrungsmittel« an die Redaction am 12. Juli abgesandt worden ist.

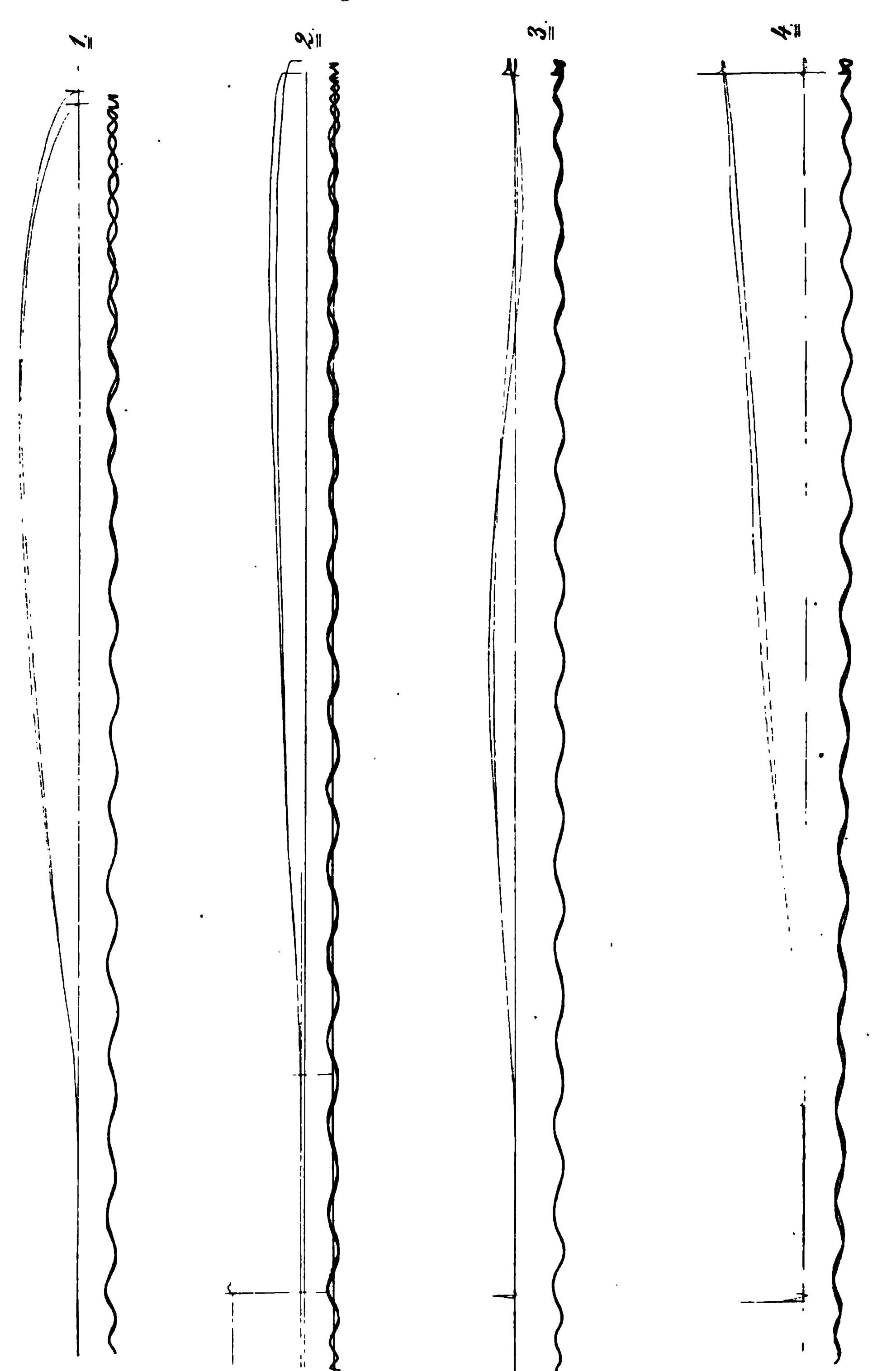


Zeitschrift
Taf. I.
nliche Individuen.
Ordinate:
rtheils zum Gesammtvolumen, das entsprechende Verhältniss
Abscisse:
0 Jahre
40 Jahre
60 Jahre
2,0
2,0
Oberschenkel





Zeitschrift für Biologie Bd. XXXI.



Verlag von R. Oldenbourg, München und Leipzig

Taf. II.

5.

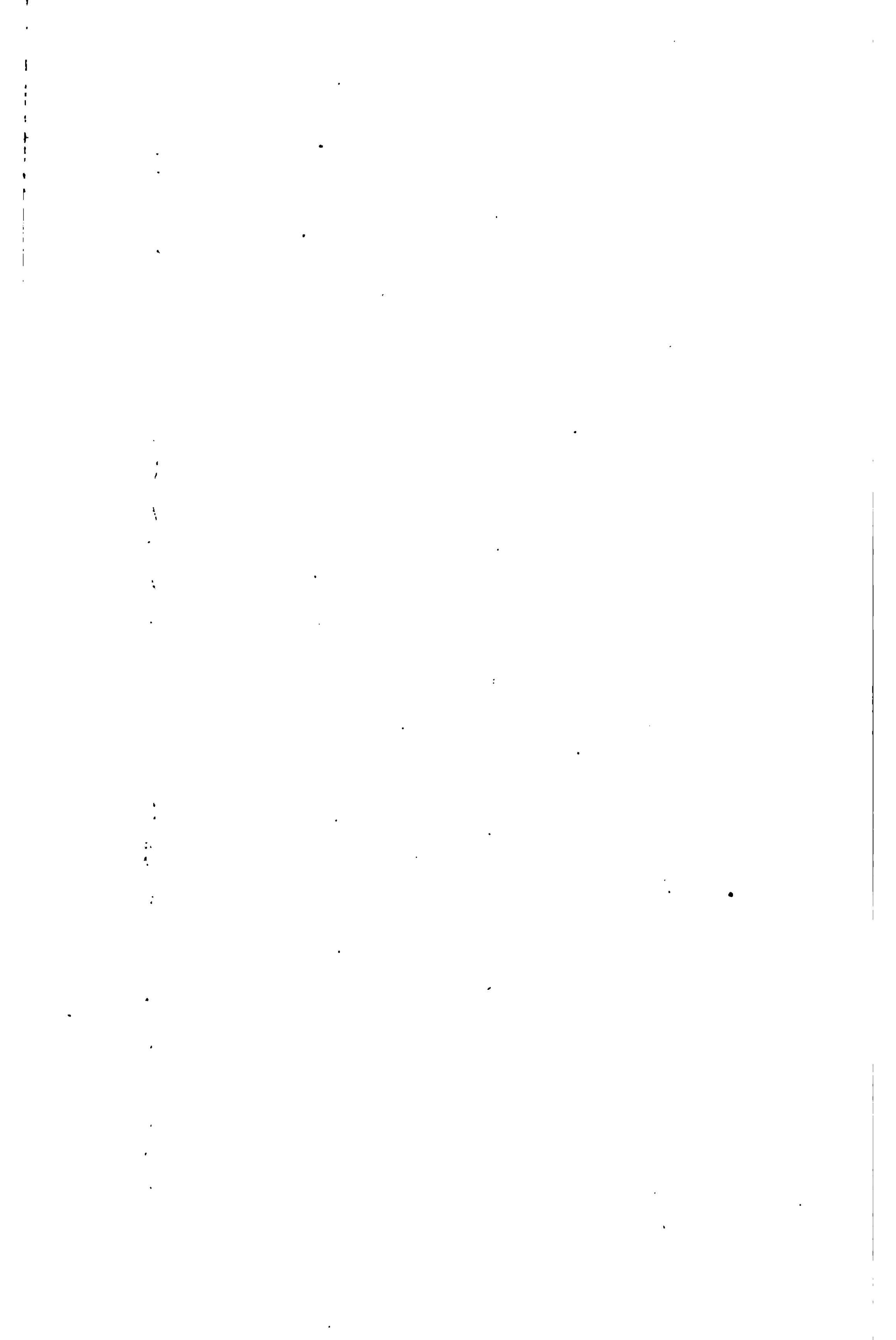
6.

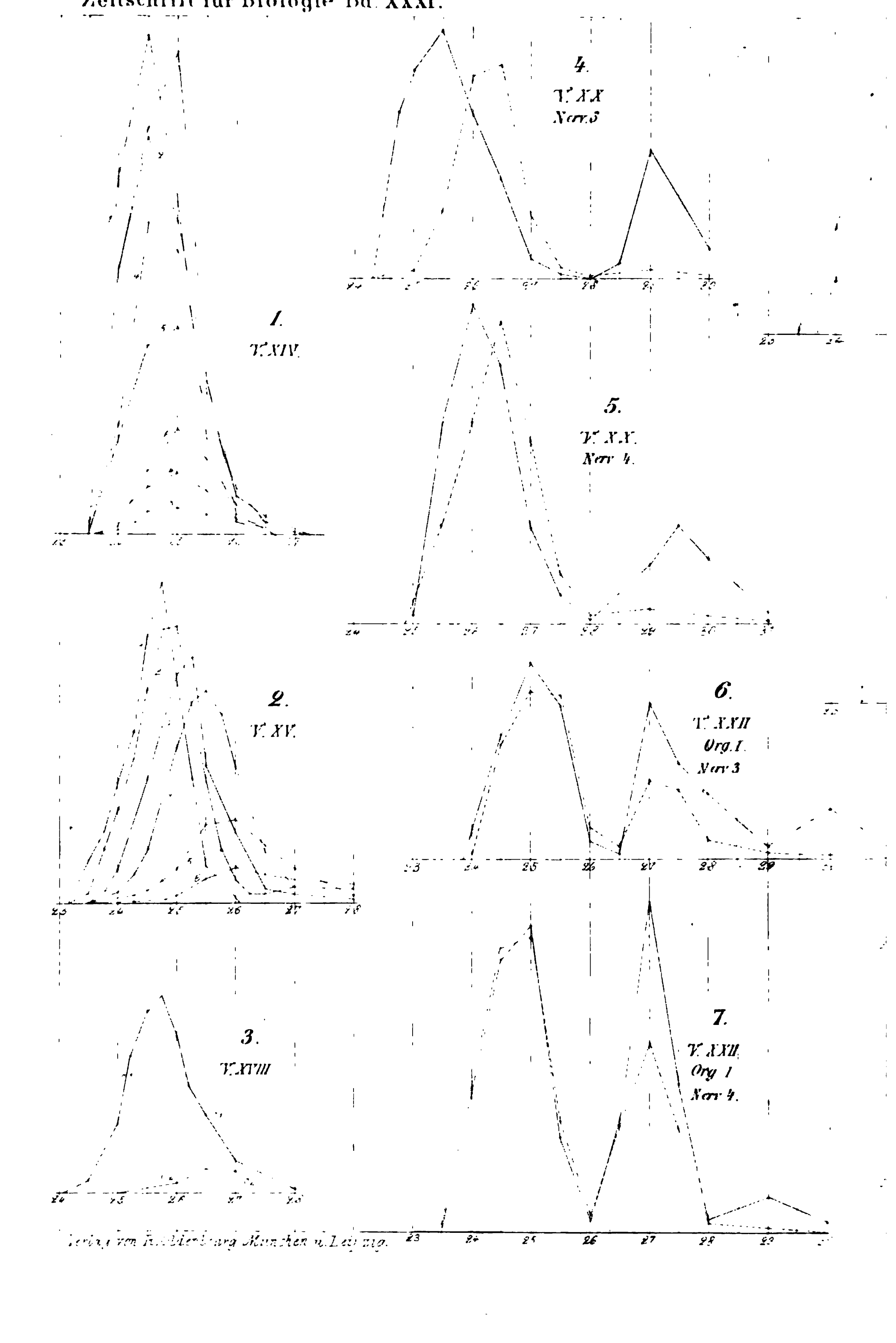
7.

8.

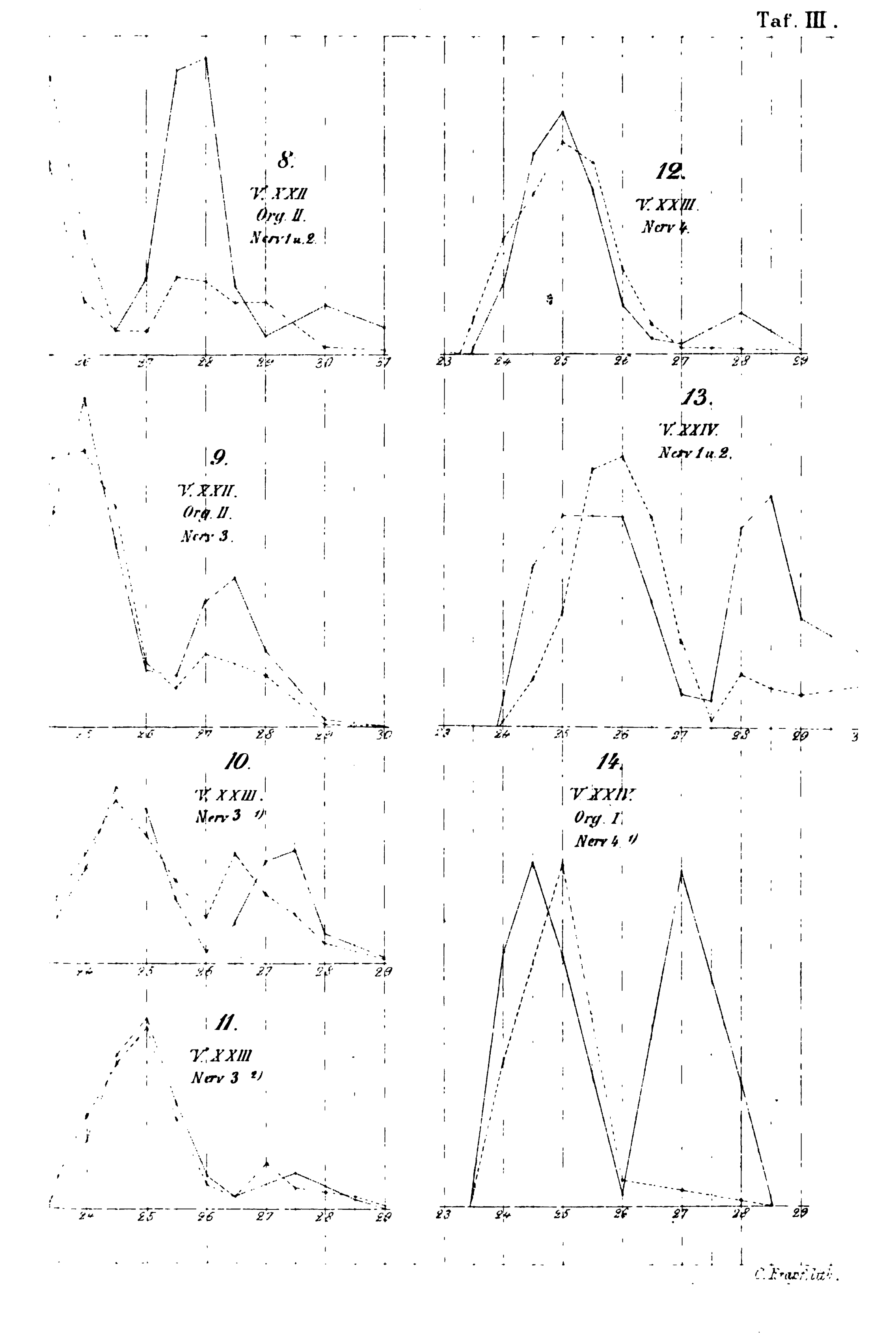
9.

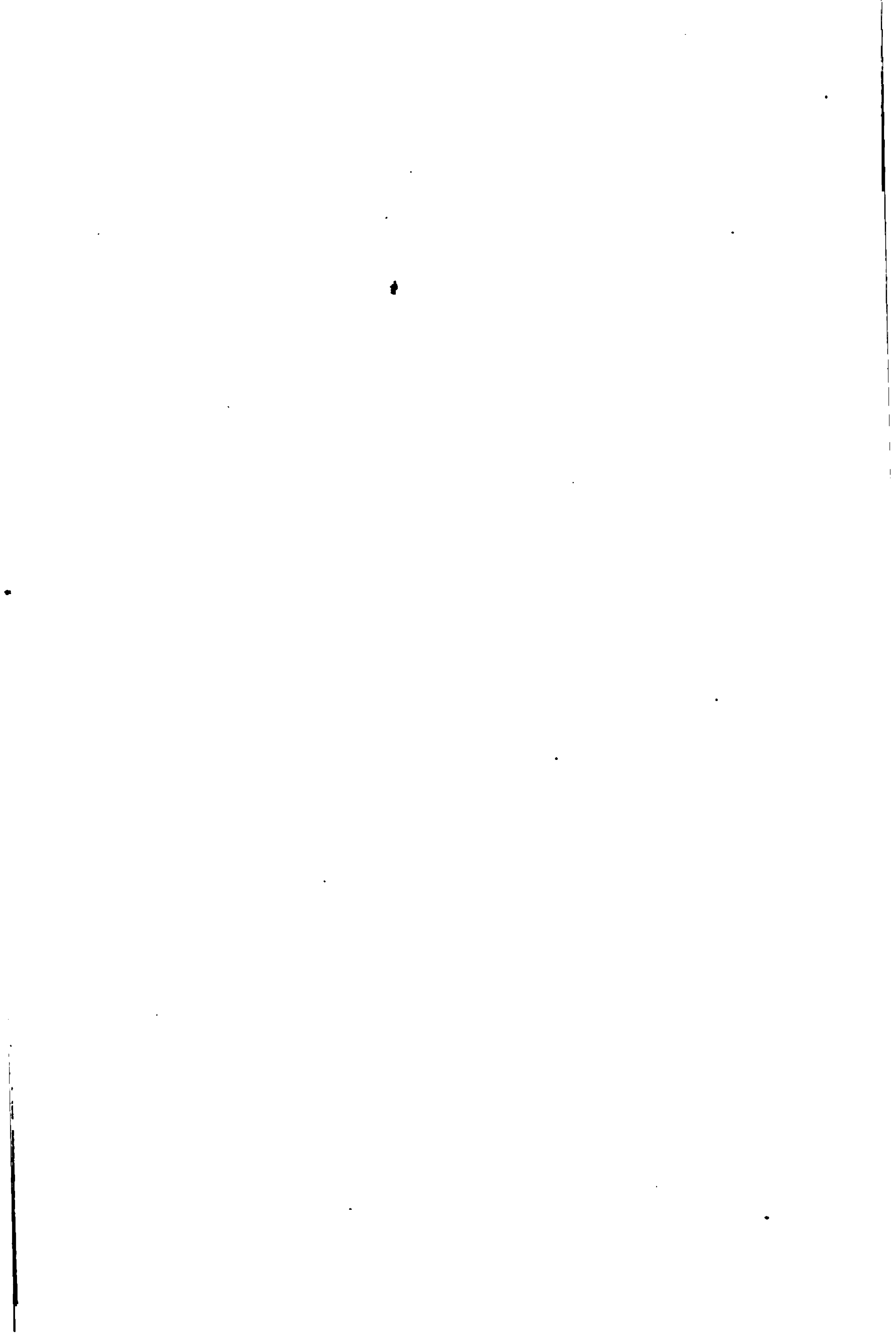
C. Krapf, lith.





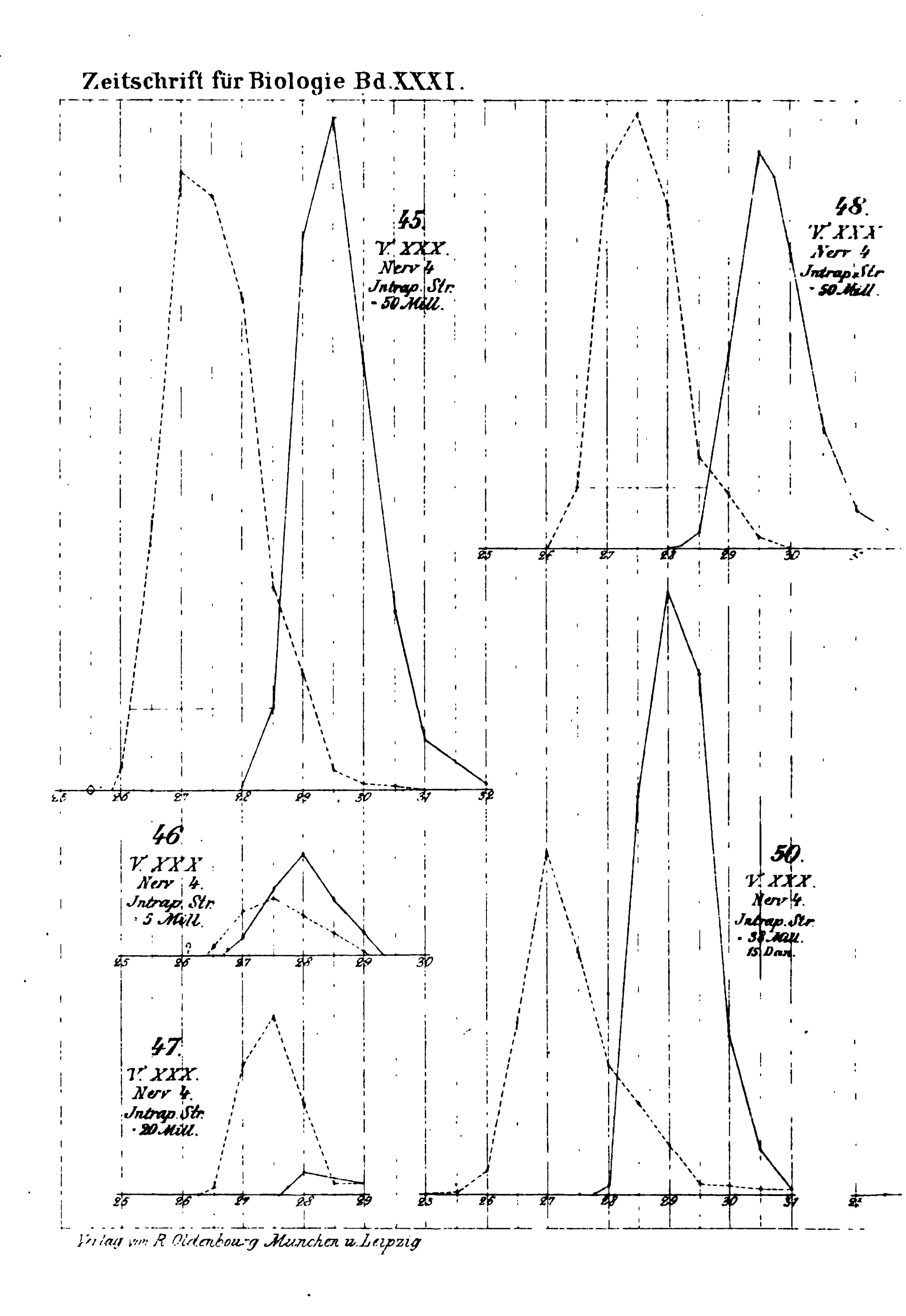
Verlag von R. Oldenbourg München u. Leipzig.


8.
V. XXII
Org. II.
Nerv 1 u. 2.
9.
V. XXII.
Org. II.
Nerv 3.
10.
V. XXIII.
Nerv 3 1)
11.
V. XXIII
Nerv 3 2)
12.
V. XXIII.
Nerv 4.
13.
V. XXIV.
Nerv 1 u. 2.
14.
V. XXIV.
Org. I.
Nerv 4. 1)
C. Franz lith.

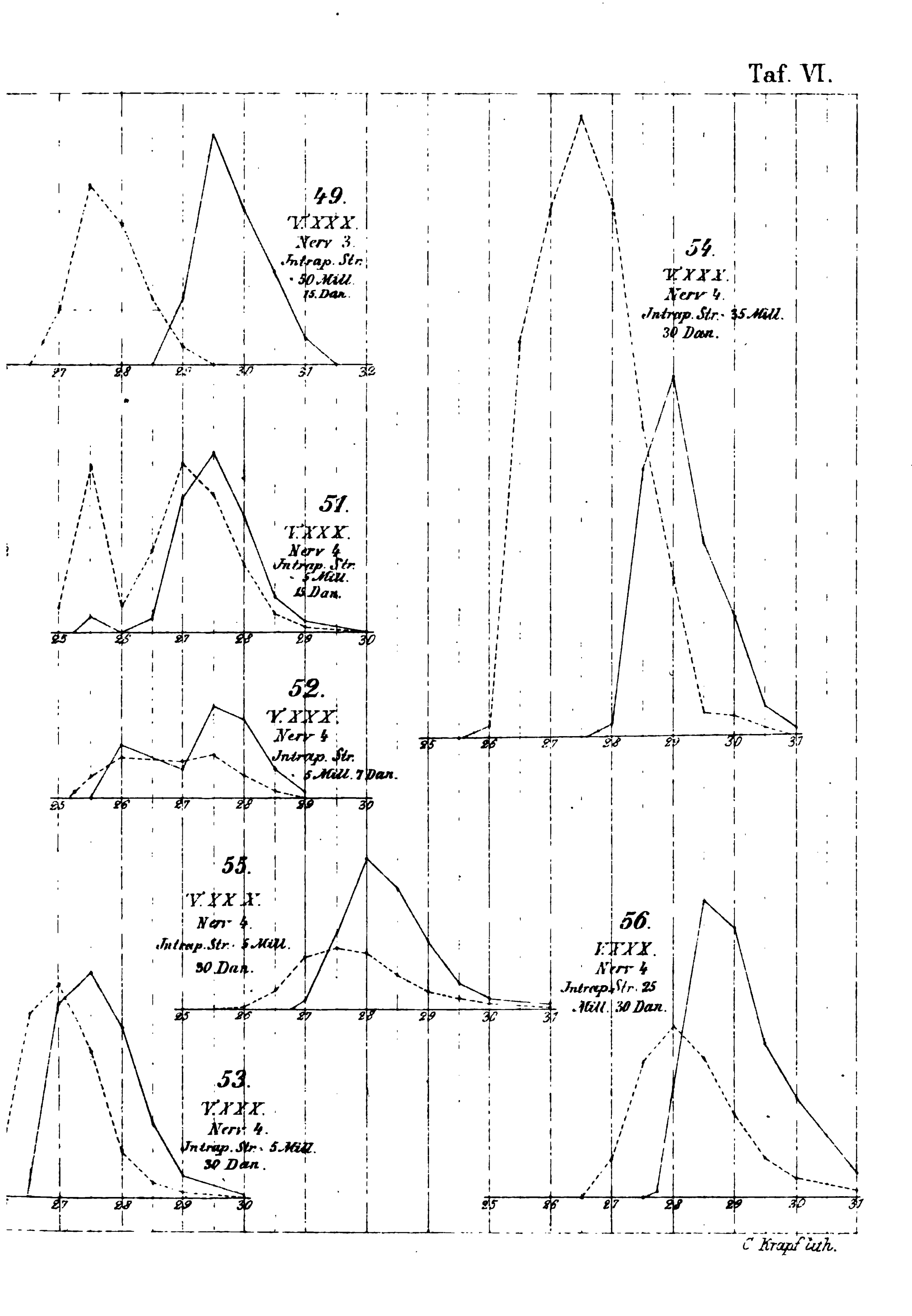




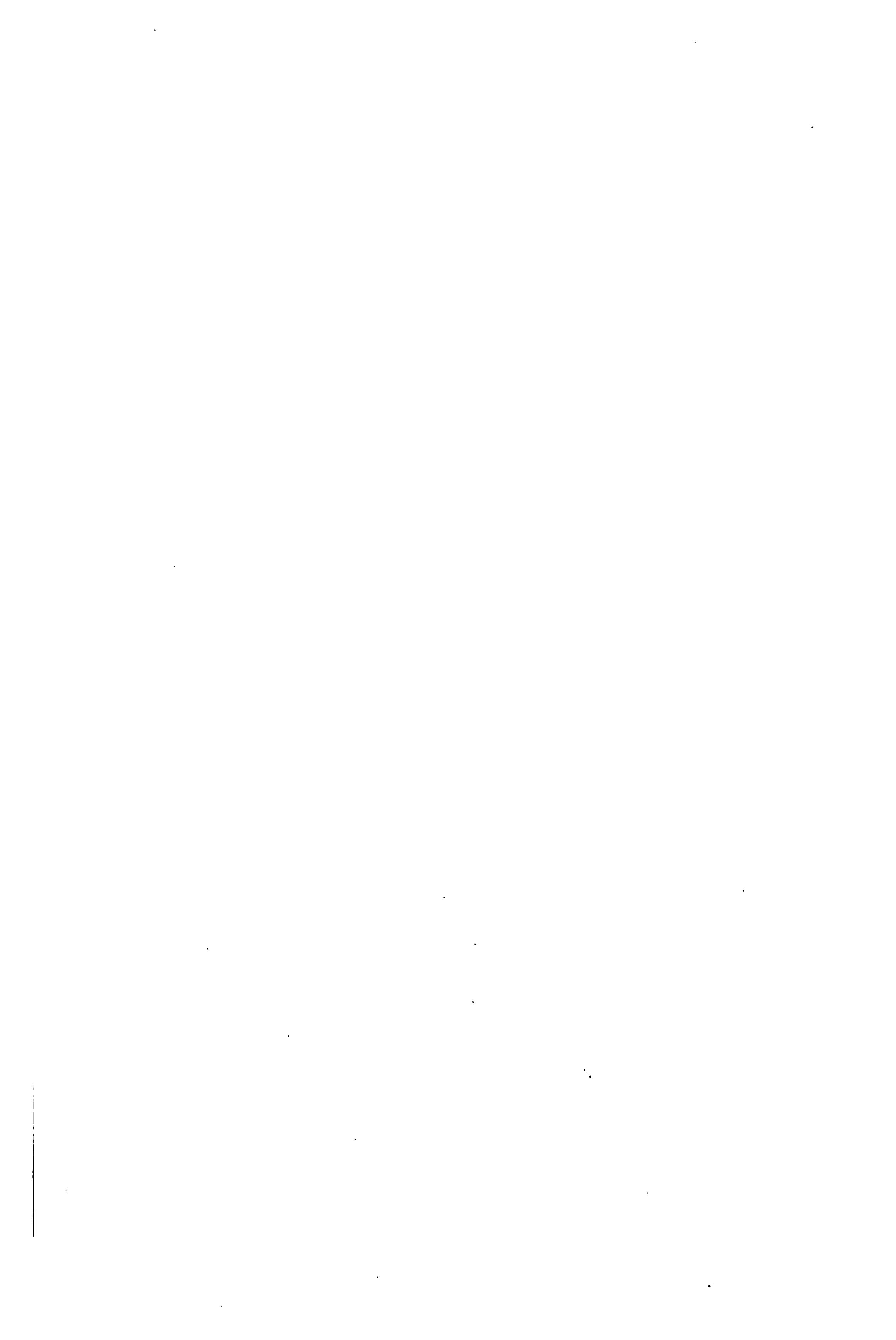
Zeitschrift für Biologie Bd.XXXI.



Verlag von R. Oldenbourg München u. Leipzig

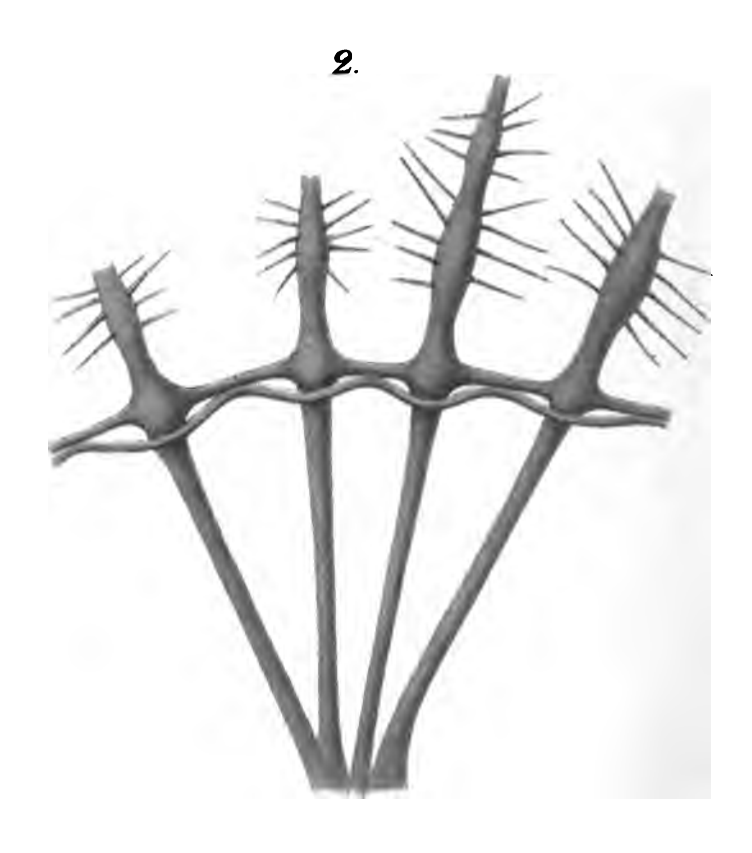

49.
V. XXX.
Nerv 3.
Intrap. Str. - 50 Mill.
15. Dan.
51.
V. XXX.
Nerv 4.
Intrap. Str. - 5 Mill.
15. Dan.
52.
V. XXX.
Nerv 4.
Intrap. Str. - 5 Mill. 7 Dan.
54.
V. XXX.
Nerv 4.
Intrap. Str. - 35 Mill.
30 Dan.
55.
V. XXX.
Nerv 4.
Intrap. Str. - 5 Mill.
30 Dan.
53.
V. XXX.
Nerv 4.
Intrap. Str. - 5 Mill.
30 Dan.
56.
V. XXX.
Nerv 4
Intrap. Str. 25 Mill. 30 Dan.

C. Krapf lith.

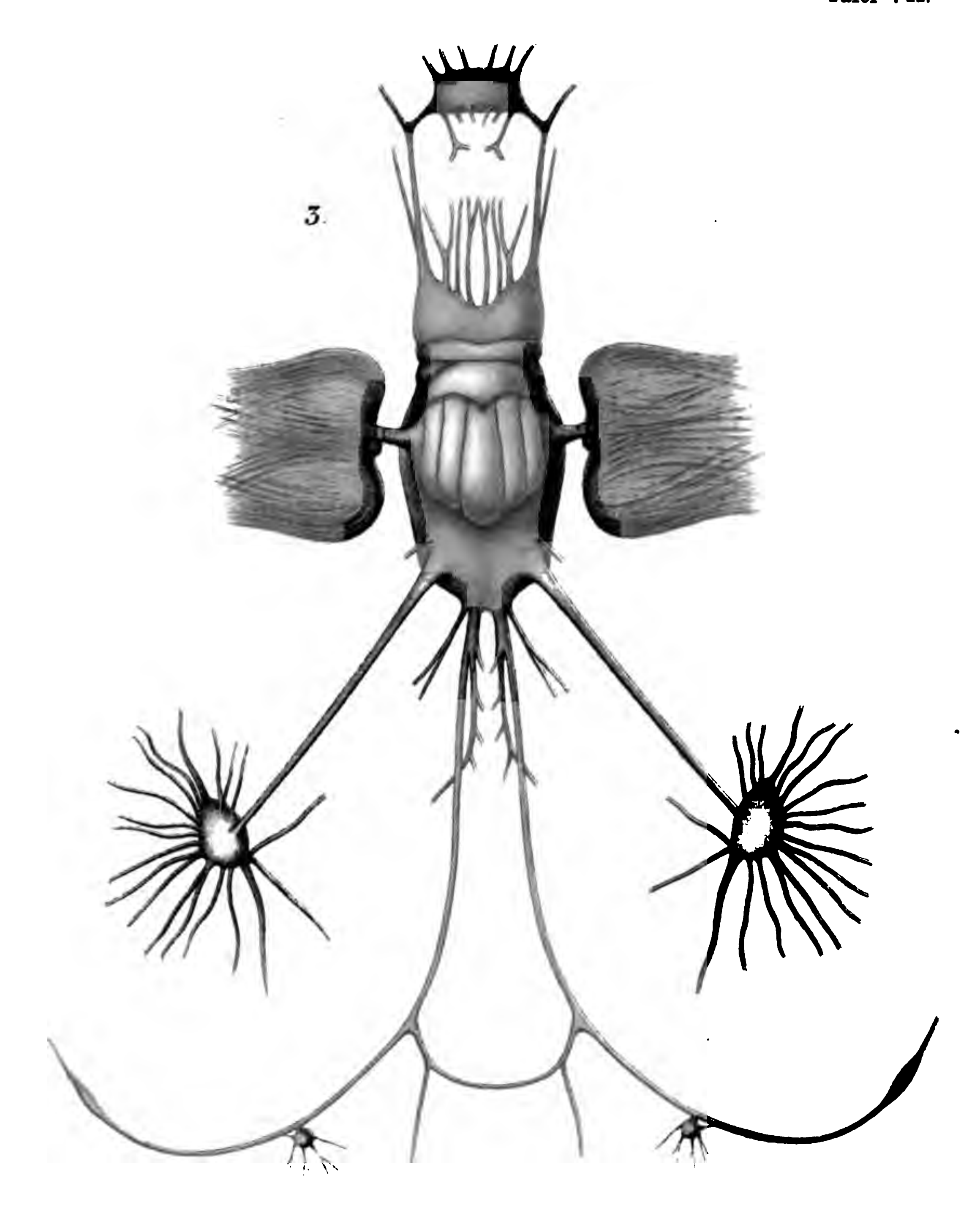




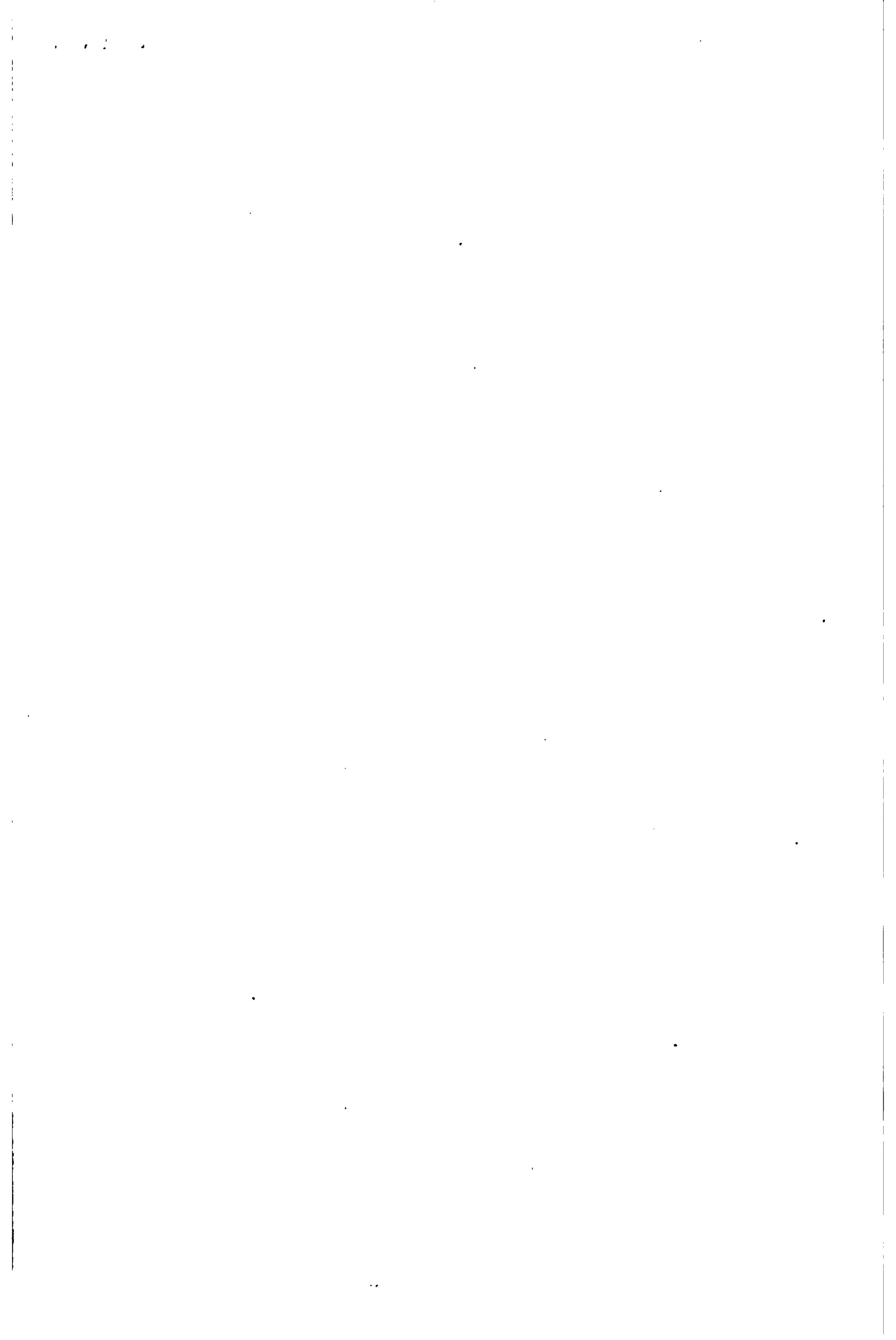
Gehirn von der Seite.

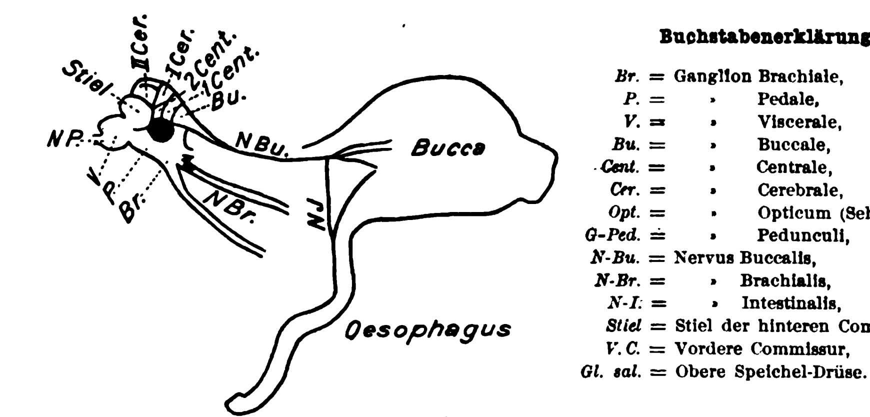


Armnerven mit Ringcommissur und Brückencommissuren.



Gehirn von oben mit peripherischem Nervensystem.





1. Gehirn von der Seite in Lebensgrösse.

Buchstabenerklärung.

Br. = Ganglion Brachiale,
P. = „ Pedale,
V. = „ Viscerale,
Bu. = „ Buccale,
Cent. = „ Centrale,
Cer. = „ Cerebrale,
Opt. = „ Opticum (Sehganglion),
G-Ped. = „ Pedunculi,
N-Bu. = Nervus Buccalis,
N-Br. = „ Brachialis,
N-I. = „ Intestinalis,
Stiel = Stiel der hinteren Commissur,
V. C. = Vordere Commissur,
Gl. sal. = Obere Speichel-Drüse.

2. Gehirn von oben in Lebensgrösse.

Bucca
Gl. sal.
V. C.
Stiel
Bu.
I. Cent.
I Cer.
II Cer.
Ped.
Opt.
G. Ped.
Bulbus
Oesophagus





3. Normal athmende Eledone (Schluss der Ausathmung mit eben beginnender Einathmung).

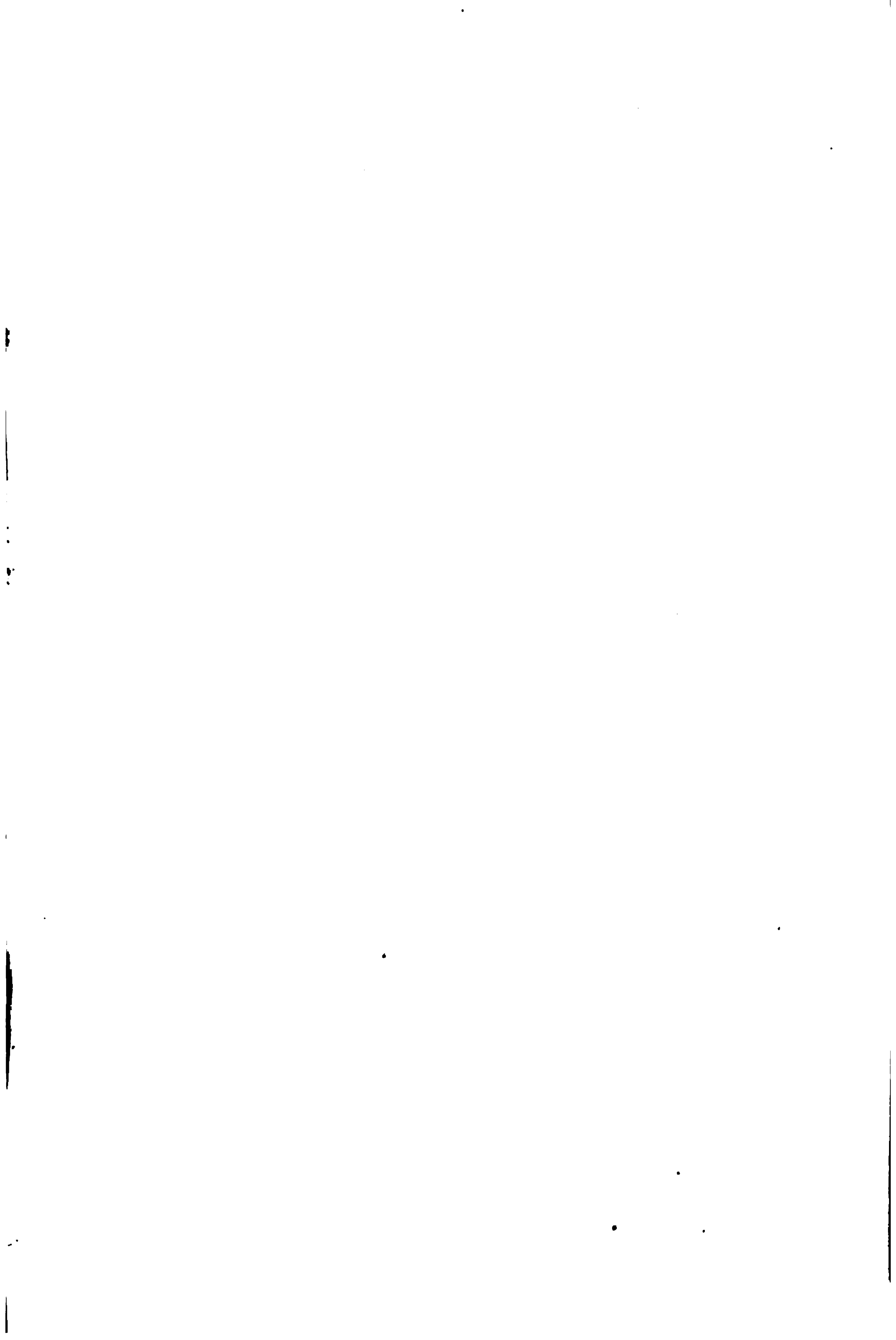


4. Ballon-Form.

5. Gurken-Form.



6. Halbgefärbte Eledone.







ST

